



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사학위논문

역방향 시뮬레이션을 활용한 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스 설계 및 시스템 개발

Process design and system development for
mid-term shipbuilding production planning based on
backward-simulation method

2018년 8월

서울대학교 대학원
조선해양공학과
성 새 날

초 록

조선소 중기 생산계획은 선박을 생산을 위해 분할한 블록과 구역 단위의 생산공정의 일정계획이다. 잘 수립된 중기 생산계획은 선박의 계약된 생산 일정을 준수하고 조선소의 생산 자원을 효율적으로 사용할 수 있게 하여, 전체 조선소의 생산성 향상에 크게 기여한다.

현재 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스에서는 기존 실적을 통해 수립한 생산계획 초안을 시행착오(Trial and error)방식을 통해, 검토 및 수정을 반복하여 생산계획을 수립하고 있는 상황이다. 하지만 기존에 방식으로는 생산계획 검토 과정에서 적절한 수정 대안을 제시하지 못하여 계획 수립자의 경험적 판단에 근거하여 수정 대안을 작성하고 있다. 이 때문에 계획 수립의 리드타임이 길어지고, 수작업으로 계획 수립 시에 다양한 생산자원 제약 사항을 동시에 고려하고 있지 못하는 문제가 발생하고 있다. 이러한 문제들은 생산계획의 정확도를 저해하는 원인이 되고 있으며, 이러한 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스 개선을 통해 조선소 생산계획의 정확도를 향상시키고 조선소의 전체 생산성을 개선할 수 있다.

이러한 상황에서 본 연구에서는, 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스 개선을 위해 역방향 시뮬레이션을 사용한 생산계획 수립 방법론을 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스에 적용하였다. 이를 위해, 조선소 중기 생산

계획에 대한 분석을 수행하여 생산계획과 생산계획 시뮬레이션의 대상을 정의하였다. 다음으로는 분석한 내용을 통해, 기존의 생산계획 기본정보를 통해 역방향 생산계획 시뮬레이션의 모델을 구축하는 방법론을 개발하였다. 그리고 구축한 모델을 통해 생산계획을 수립하기 위해 필요한 시뮬레이션 결과를 도출하는 시뮬레이션 실행 방법과, 생산계획 목표를 도출되는 시뮬레이션 결과에 반영하기 위한 시뮬레이션 입력을 정의하였다. 마지막으로 앞에서 정의한 내용을 바탕으로 기존의 조선소 생산계획 시스템과 연동하여 작동되는 생산계획 시뮬레이션 시스템을 설계하고 구현하였으며, 기존 조선소 중기 생산계획 데이터를 통해 본 연구에서 제시한 역방향 시뮬레이션을 이용한 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스의 도입 효과를 검증하였다.

주요어 :

조선소 생산계획 시스템(APS, Advanced Planning and scheduling System)

역방향 시뮬레이션(Backward-Simulation),

조선소 중기 생산계획 (Mid-term Shipyard Production Planning),

일정 계획 (Scheduling)

생산 자원 (Production Resource)

학 번 : 2016-23507

목 차

논문 목차

1. 서 론	1
1.1 연구 배경	1
1.2 관련 연구 현황	3
1.3 연구 범위 및 방법	9
1.3.1 연구 범위	9
1.3.2 연구 방법	10
2. 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스 개선 방안 도출	11
2.1 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스 분석	11
2.1.1 조선소 생산계획의 계획 수립 단계	11
2.1.2 조선소 중기 생산계획 세부 프로세스 별 업무	15
2.2 조선소 중기 생산계획 대상 정의	17
2.2.1 생산 액티비티 네트워크	17
2.2.2 기존 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스	20
2.3 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스 개선 방안 도출	23
3. 조선소 중기 생산계획 시뮬레이션 모델링 방법론 개발	26
3.1 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스 개선을 위한 생산계획 시뮬레이션 정의	26
3.1.1 생산계획 시뮬레이션을 활용한 조선소 중기 생산계획 수립 문제 정의	26
3.1.2 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스 개선을 위한 조선소 중기 생산계획 시뮬레이션 정의..	28

3.2 조선소 중기 생산계획 기본정보 기반 시물레이션 모델링 프로세스	2 9
3.2.1 조선소 중기 생산계획 기본정보	2 9
3.2.2 조선소 중기 생산계획 기본정보 기반 시물레이션 모델링 프로세스	3 0
3.3 공정 중심 생산계획 시물레이션 모델링	3 2
3.3.1 공정 중심 모델링 방법론을 통한 생산 액티비티 네트워크 변환	3 2
3.3.2 공정 중심 모델링 방법론을 적용한 생산계획 시물레이션 모델	3 4
3.4 역방향 생산계획 시물레이션 모델로의 변환	3 5
3.4.1 역방향 시물레이션	3 5
3.4.2 정방향 생산계획 시물레이션 모델의 역방향 변환	3 6
3.5 조선소 생산자원 제약조건 적용	4 0
3.5.1 공간 생산자원 제약 적용 방법	4 1
3.5.2 설비 생산자원 제약 적용 방법	4 2
3.5.3 인력 생산자원 제약 적용 방법	4 3
4. 역방향 시물레이션을 활용한 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스 설계 ..	4 4
4.1 계획 목표를 반영한 생산계획 시물레이션 실행방법	4 4
4.2 역방향 시물레이션을 활용한 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스 설계 ..	4 6
4.3 역방향 시물레이션을 활용한 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스 적용 예제 ...	4 7
5. 역방향 시물레이션을 활용한 조선소 중기 생산계획 수립 시스템 개발	5 0
5.1 역방향 시물레이션을 활용한 생산계획 수립 시스템 개발	5 0
5.1.1 생산계획 시물레이션 모델링 모듈	5 1
5.1.2 계획 목표 입력 모듈	5 2
5.1.3 DES 시물레이션 엔진	5 3
5.2 예제 데이터를 통한 검증 수행	5 4
6. 결 론	5 5

그림 목차

그림 1 국대 중대형 S조선소의 실적 데이터 (2006~2008).....	2
그림 2 조선소 중기 생산계획에서 고려해야 되는 주요 요소.....	2
그림 3 조선소 생산계획 수립 프로세스 흐름도.....	1 2
그림 4 생산 액티비티 네트워크.....	1 7
그림 5 단위 생산 액티비티의 정보 구조.....	1 8
그림 6 릴레이션의 관계 종류 별 단위 액티비티 별 연결 관계.....	1 9
그림 7 조선소 중기 생산계획 수립 문제의 정의.....	2 0
그림 8 기존 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스.....	2 2
그림 9 생산계획 시뮬레이션을 활용한 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스	2 5
그림 10 6-Factor 정보모델로 정의된 조선소 중기 생산계획 기본정보.....	2 9
그림 11 조선소 중기 생산계획 기본정보 기반 생산계획 시뮬레이션 모델링 프로세스	3 1
그림 12 생산 액티비티 네트워크에서 공정 네트워크 모델로의 변환.....	3 3
그림 13 공정 중심 생산계획 시뮬레이션 실행 프로세스.....	3 4
그림 14 역방향 시뮬레이션 모델로의 변환 시, 릴레이션 관계 종류의 변환.....	3 7
그림 15 역방향 시뮬레이션 모델로의 변환 시, 제품 Tree구조의 변환.....	3 7
그림 16 역방향 시뮬레이션 모델로의 변환 시, 제품 투입 일정의 변환.....	3 8
그림 17 역방향 공정 중심 생산계획 시뮬레이션으로의 변환.....	3 9
그림 18 생산자원 제약을 고려한 역방향 공정 중심 생산계획 시뮬레이션.....	4 0
그림 19 공간 생산자원 제약 적용 방법.....	4 1
그림 20 설비 생산자원 제약 적용 방법.....	4 2
그림 21 인력 생산자원 제약 적용 방법.....	4 3

그림 22	시뮬레이션 입력 정보를 적용한 역방향 공정 중심 생산계획 시뮬레이션	4 5
그림 23	역방향 시뮬레이션을 활용한 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스.....	4 6
그림 24	예제 정의 (생산 액티비티 네트워크, 일정 간트 차트표).....	4 7
그림 25	예제 - 생산자원 부족으로 인한 지연 발생	4 8
그림 26	수정안 1 - 납기일 변경.....	4 9
그림 27	수정안 2 - 인력 생산요소 추가투입.....	4 9
그림 28	역방향 시뮬레이션을 활용한 생산계획 수립 시스템의 모듈 구성 ..	5 0
그림 29	생산계획 시스템의 DB에서 생산 액티비티 네트워크 정보 추출	5 1
그림 30	목표 가동률을 적용한 생산계획 일정-부하 변화	5 2
그림 31	조선소 생산계획 시스템(APS) 화면.....	5 3
그림 32	인력 생산자원 제약 적용과 가동률 변화에 생산계획 결과	5 4

표 목차

표 1 조선소 중기 생산계획 세부 프로세스 별 수행업무	1 6
표 2 조선소 중기 생산계획 문제 정의 변화	2 7

제 1 장

서 론

1.1 연구 배경

조선소에서는 도크 회전율을 높여 선박 생산량을 늘리기 위해 블록 공법을 사용하여 선박을 건조하고 있다. 여기서 블록 공법은 선박의 선체를 수십 개로 분할한 단위인 블록을 조선소 내·외부의 작업장에서 제작한 뒤, 도크에서 블록을 탑재하여 선체를 완성하는 공법이다. 이 블록 공법을 사용하면 전체 선박 건조 기간 중 도크에서의 작업 기간이 획기적으로 단축되어 한정된 도크에서 많은 선박을 건조할 수 있게 된다. 여기에 일부 조선소에서는 탄템공법을 도입하여 도크에서 동시에 복수의 선박 건조를 진행하고 있다. 이러한 상황에서는, 도크에서 탑재되는 복수 선박의 수백 개 블록을 제작하기 위하여, 다수의 작업장에서 수많은 블록 제작 공정이 동시에 진행되게 된다. 이 블록의 제작 공정들을 생산 액티비티라 하며, 이 생산 액티비티에 대한 생산계획을 조선소 중기 생산계획이라고 한다.[그림 1]을 보면 국내 중대형 조선소에서는 동시에 복수의 선박에 대한 건조가 진행되고, 한 선박을 건조하기 위하여 평균 약 2900정도의 생산 액티비티를 수행하여야 하는 것이 확인할 수 있다.

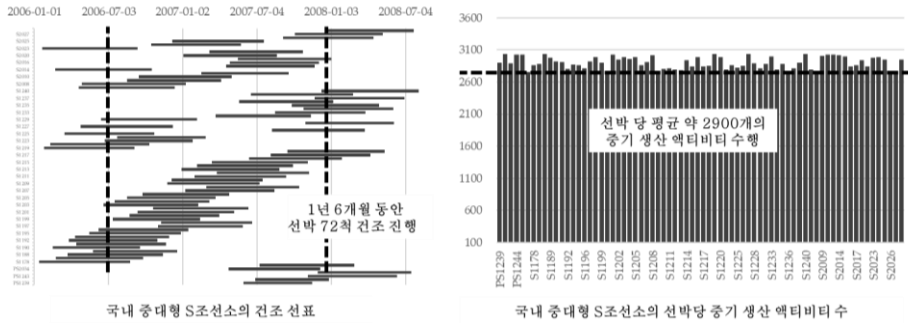


그림 1 국내 중대형 S조선소의 실적 데이터 (2006~2008)

조선소 중기 생산계획의 계획 기간은 일반적으로 6개월 정도이며, 이 기간 동안 수행되는 생산 액티비티는 수만 개에 달한다. 조선소 중기 생산계획은 [그림 2]와 같이 이 수만 개의 생산 액티비티를 여러 제약조건을 고려하여 일정계획을 수립해야 하는 극도로 복잡한 생산계획이며, 이 계획을 정확하고 효율적으로 수립하는 것이 조선소 생산성 향상에 큰 영향을 미친다.

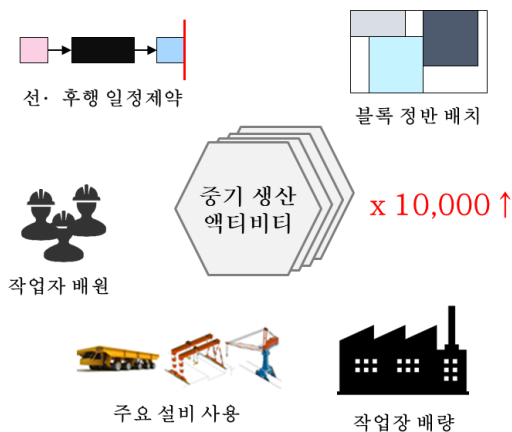


그림 2 조선소 중기 생산계획에서 고려해야 되는 주요 요소

1.2 관련 연구 현황

기존에 수행된 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스 개선에 관한 연구는 주로 기 수립된 생산계획을 시뮬레이션을 사용하여 검증하는 것을 중심으로 수행되었다.

이상엽 외(2002)는 조선소 평블록 조립공장 내의 배원 계획을 이산 사건 시뮬레이션(Discrete Event Simulation) 통해 검증하는 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 조선소 평블록 조립공장 내의 설비와 공정을 이산 사건 시뮬레이션으로 모델링하고, 이 모델을 통해 각 설비와 공정에 할당된 작업자의 수의 변화에 따른 공장의 생산능력 변화를 시뮬레이션 하였으며, 이 시뮬레이션 결과를 통해 조선소 평블록 조립공장의 최적화된 배원 계획을 수립 하였다.

방경운(2006)은 조선 공정 계획에 대하여, 이산 사건과 이산 시간 시뮬레이션을 혼합한 시뮬레이션 프레임워크를 개발하는 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 조선소 생산계획 시스템에서 고려하지 못하는 실제 공장에서의 제품과 설비의 거동을 포함한 시뮬레이션의 프레임워크를 개발하고, 이를 통해 생산계획을 실제 제품의 흐름과 설비 간 간섭을 고려하여 더 정밀하게 검증할 수 있게 하였다.

김희연 외(2011)는 조선소 일정계획 시뮬레이션을 수행하기 위하여 기존 생산관리 시스템을 분석하는 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 기존 생산관리 시스템을 분석하여 생산계획 수립 프로세스를 정의하고, 각 프로세스에서 입력/처리/출력 되는 생산 정보를 정의하였고, 이를 통해 조선소 일정

계획 시뮬레이션의 모델링을 위한 정보 수집을 용이하게 하였다.

이킵립 외(2011)는 조선소 조립장을 시뮬레이션 모델링하는 방법론에 대한 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 조선소 조립장에 대한 시뮬레이션 모델링을 수행하는 프로세스를 사용자 편의성 중심으로 재정의하였고, 조립장에 대한 시뮬레이션 모델링을 손쉽게 수행할 수 있는 방법론을 제안하였다.

김광식 외(2013)는 전체 조선소 공정에 대한 계획을 검증하기 위한 시뮬레이션에 대한 연구를 진행하였다. 이 연구에서는 전체 시뮬레이션의 프레임워크 인터페이스와 각 공정간 시뮬레이션의 시제품을 설계하였고, 이를 통해 전체 조선소 공정에 대한 검증 시뮬레이션을 수행하기 위한 프레임워크 인터페이스를 개발하였다.

손명조 외(2013)는 생산 설계 부서에서 설계 작업 일정을 중일정 생산계획을 고려하여 수립하는 연구를 진행하였다. 이 연구에서는 중일정 계획을 고려하여 각 블록의 절단도 출도일을 산출했으며, 시뮬레이션을 통해 각 인원에게 할당된 설계 작업 일정에 대한 검증을 수행하였다.

우중훈 외(2015)는 시뮬레이션을 활용하여 조선소 생산계획을 수립하는 시스템에 대한 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 조선소 생산계획 시스템(APS)와 생산계획 시뮬레이션에 대한 설계를 수행하였으며, 이를 통합하여 생산계획 수립과 시뮬레이션을 통한 생산계획 검증을 수행하는 통합 시스템에 대한 설계를 수행하였다.

남승훈(2017)은 조선소 전체 생산계획 수립 시스템에 대한 설계와 개발에 대한 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 기존의 조선소 생산계획 수립

프로세스를 실제 작업 흐름과 정보 흐름을 반영하여 재정의 하였으며, 정의한 프로세스를 바탕으로 조선소 생산계획 시스템의 설계와 실제 구현을 수행하였다.

이러한 기존의 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스 개선에 대한 연구는 조선소 전체 공정 중 일부 공정을 대상으로 상세한 생산환경의 거동을 반영하여 생산계획을 검증하고 검토하는 데 연구의 초점이 맞추어져 있었다. 하지만 이러한 연구는 기존 중기 생산계획 수립 프로세스 상의 문제점인 시행착오 방식의 생산계획 수립 방법을 개선하지 못하는 문제점이 있었다.

이와 같이 기존 조선산업 분야의 기존 연구에서는 시행착오 방식의 생산계획 수립 방법을 개선하는 연구는 수행되지 않았다. 이에 반하여, 다른 산업 분야에서는 역방향 시뮬레이션의 개념을 생산계획 수립 프로세스에 도입하여 시행착오 방식의 생산계획 수립 방법을 개선하는 연구들이 수행되었다.

Gelders & Steelandt(1980)는 단일 공정, 단일 설비를 가진 공장에 대하여 역방향 시뮬레이션을 통해 일정계획을 수립하는 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 단일 공정, 단일 설비를 가진 공장에서 다양한 제품 믹스에 대한 일정계획을 역방향 시뮬레이션을 통해 수립하는 방법을 제시하였다.

Lynch & Vaandrager(1995)는 정방향, 역방향 시뮬레이션을 순차적으로 사용하여 일정계획을 수립하는 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 복수 공정을 가진 공장을 대상으로 하였으며, 역방향 시뮬레이션을 통해 기본 일정을, 정방향 시뮬레이션을 통해 설비 할당 및 일정 검증을 수행하였으며, 시뮬레이션을 수행하기 위하여 수학적 모델을 사용하였다.

Watson et al. (1997)은 기존에 제시된 역방향 시뮬레이션을 통한 일정 계획 시스템을 기업 정보 시스템인 MRP(Material Resource Planning)과 연동하는 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 일정계획 수립에 필요한 데이터를 MRP에서 가져오고, 계획 결과를 MRP로 내보내는 시스템을 설계하였으며, 기업의 정보시스템과의 연동을 통해 역방향 시뮬레이션을 통한 생산계획을 더 효율적으로 수행할 수 있게 하였다.

Musselman et al. (2002)은 기업의 계획 시스템인 APS(Advanced Planning and Scheduling system)와 통합한 역방향 시뮬레이션 시스템에 대한 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 전체 기업 정보 시스템에서의 APS의 역할과 역방향, 정방향 시뮬레이션을 통한 일정 계획 시스템의 역할을 정의하고 각 시스템간 정보 흐름을 설계하였다.

Park et al. (2008)은 반도체 공장을 대상으로 역방향 시뮬레이션 기반 일정 계획 방법론을 적용하는 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 묶음(batch) 생산, MTS(Make-To-Stock)산업인 반도체 산업의 단일 공정을 대상으로 일일 생산계획을 수립하였다.

Zhu et al. (2010)은 제철소를 대상으로 역방향 시뮬레이션 기반 일정계획 방법론을 적용하는 연구를 수행하였으며, 이 연구에서는 흐름 생산방식의 복수 공정을 대상으로 생산계획을 수립하였다.

Jeong et al. (2016)은 반도체 공장 반도체 공장을 대상으로 역방향 시뮬레이션 기반 일정계획 방법론을 적용하는 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 묶음(batch) 생산, MTS(Make-To-Stock)산업인 반도체 산업의 복수 공정, 복수 설비에 대하여 공정 총 용량과 설비 총 용량을 고려한 일정계획을 수립

하였다.

이러한 연구들에서는 역방향 시뮬레이션을 활용하여 생산계획 수립 프로세스를 개선하여 일정계획을 수립하는 연구들이 수행되었다. 이 연구들은 주로 공정과 설비가 일정한 산업을 대상으로 연구를 수행하였으며, 계획 기반 정보의 수집이나 결과에 대한 분석을 용이하게 하기 위해 기존 기업 정보 시스템의 연동을 고려하여 일정계획 시스템을 설계하였다.

기존에 수행된 다른 산업 분야에서의 생산계획 수립 프로세스 개선 관련 연구를 참고하면, 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스에 역방향 시뮬레이션을 활용한 생산계획 수립 방법을 적용하여, 기존 시행착오 방식의 생산계획 수립 프로세스를 개선 할 수 있는 결론을 내릴 수 있다. 하지만, 기존 연구에서는 역방향 시뮬레이션을 활용한 생산계획 수립 방법을 적용한 생산계획 수립 프로세스 개선을 조선 산업에 적용하지 못하고 있는 상황이다. 그 이유로는, 계획 단계에서 조선 산업의 생산 공정과 가용 생산 자원이 유동적으로 변하기 때문에, 반복 재사용 가능한 생산계획 시뮬레이션 모델을 구축 할 수 없어, 역방향 시뮬레이션을 수행하는 것이 어려웠기 때문이다. 또한, 조선 중기 생산계획에서는 납기일 준수 요소만이 아니라 계획 기간 동안의 부하 평준화 요소도 중요하게 고려함으로, 기존의 납기일 준수 요소만을 고려한 역방향 시뮬레이션을 활용한 일정 계획 수립 방법론을 조선 산업에 그대로 적용하는 것은 맞지 않다.

그러므로 역방향 시뮬레이션을 도입하여 조선소 생산계획 수립 프로세스를 개선하기 위해서는 생산 계획 단계에서 유동적으로 변하는 조선소 생산 환경에 맞춘 자동화된 시뮬레이션 모델링 방법론과 조선소 중기 생산계획

단계에서의 계획 목표를 반영하여 일정계획을 수립할 수 있는 시뮬레이션
입력 정보 정의와 시뮬레이션 실행 방법론에 관한 연구가 필요하다.

1.3 연구 범위 및 방법

1.3.1 연구 범위

본 연구에서는 역방향 생산계획 시뮬레이션을 활용하여 조선소 중기 생산계획 계획의 수립 프로세스를 개선하는 연구를 수행하였다. 개선에 사용한 역방향 생산계획 시뮬레이션은 수행 생산공정, 가용 생산자원 등이 명확하게 정의되어야만 계획 일정을 산출하여 생산계획을 수립할 수 있다. 그러므로 장기, 중기, 단기로 구분되는 조선소 생산계획 수립 프로세스 중 장기 생산계획은 계획의 특성 상 경영전략의 판단에 의해 결정되는 요소들이 많으므로, 생산계획 시뮬레이션을 적용하기 적합치 않다. 또한 단기 생산계획은 생산계획을 수립하는 단계에서 명확하게 생산공정과 대상 제품이 정의되지 않은 상태이며, 생산자원의 가용과 생산공정의 수행에 불확실성이 크기 때문에 역방향 생산계획 시뮬레이션을 활용하여 생산계획을 수립하기 어렵다. 이 때문에 본 연구에서는 생산 기반 정보의 명확한 가정 하에 수행되는 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스에 생산계획 시뮬레이션을 적용하여 생산계획 수립 프로세스 개선을 수행하였다.

본 연구에서는 기존의 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스에 대한 분석하고, 역방향 생산계획 시뮬레이션을 적용하여, 개선된 생산계획 수립 프로세스를 설계하였다. 또한 이 설계를 적용한 프로그램을 구현하고 실제 조선소 중기 생산계획 과거 실적 데이터를 통해 본 연구에서 설계한 역방향 시뮬레이션을 활용한 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스의 효과 검증을 수행하였다.

1.3.2 연구 방법

본 논문은 아래와 같은 순서로 연구를 진행하였다.

2장에서는 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스를 분석하고, 분석 결과를 바탕으로 조선소 중기 생산계획의 대상을 정의하였다..

3장에서는 조선소 중기 생산계획 시뮬레이션의 모델의 구성 요소를 정의하였고, 모델링을 수행하는 방법론을 개발하였다.

4장에서는 조선소 중기 생산계획의 계획 목표를 시뮬레이션의 입력 정보로서 사용하는 방법을 정의하고, 시뮬레이션 결과를 통해 계획을 수립하는 프로세스를 설계하였다.

5장에서는 본 연구에서 제안한 역방향 시뮬레이션을 활용한 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스를 실제 조선소 APS 시스템과 연동하여 작동되는 프로그램으로 구현하였고, 과거 실적데이터를 통해 검증을 수행하였다.

6장에서는 연구의 결론을 서술하였다.

제 2 장

조선소 중기 생산계획 수립 프로세스 개선 방안 도출

2.1 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스 분석

2.1.1 조선소 생산계획의 계획 수립 단계

조선산업은 대표적인 ETO산업으로써, 고객의 요구사항에 대응하기 위하여 수주 한 선박에 대한 새로운 설계를 수행해야만 한다. 이 때문에 생산계획을 수립하는 시점에 계획 수립에 필요한 선박의 설계 정보와 생산 액티비티 정보가 부족한 경우가 많다. 따라서 한번의 생산계획으로 선박 생산 프로세스 전체에 대한 계획을 수립할 수 없고, 생산 환경 변화에 따라 잦은 계획 변경이 일어난다.

이러한 문제를 해결하기 위해서 국내 중대형 조선소에서는 생산계획을 여러 단계로 나누어 수립한다. 상위 단계의 생산계획에서는 개략적인 설계 정보를 바탕으로 장기 계획을 수립하고, 이후 기본 설계 및 상세 설계가 진행되어 충분한 설계 정보가 제공되면 하위 단계의 좀 더 상세화 된 계획을 수립하게 된다(Nam, 2018). 이 과정을 반복하면, 최종적으로 실제 실행 가능

한 계획을 수립하게 된다. 이와 같은 단계적 접근을 바탕으로 조선 생산계획 수립 프로세스는 장기, 중기, 단기 생산계획의 3단계로 구분 할 수 있다. 이렇게 구분한 조선 생산계획 수립 프로세스를 분석하여 표현하면 [그림 3]과 같다.

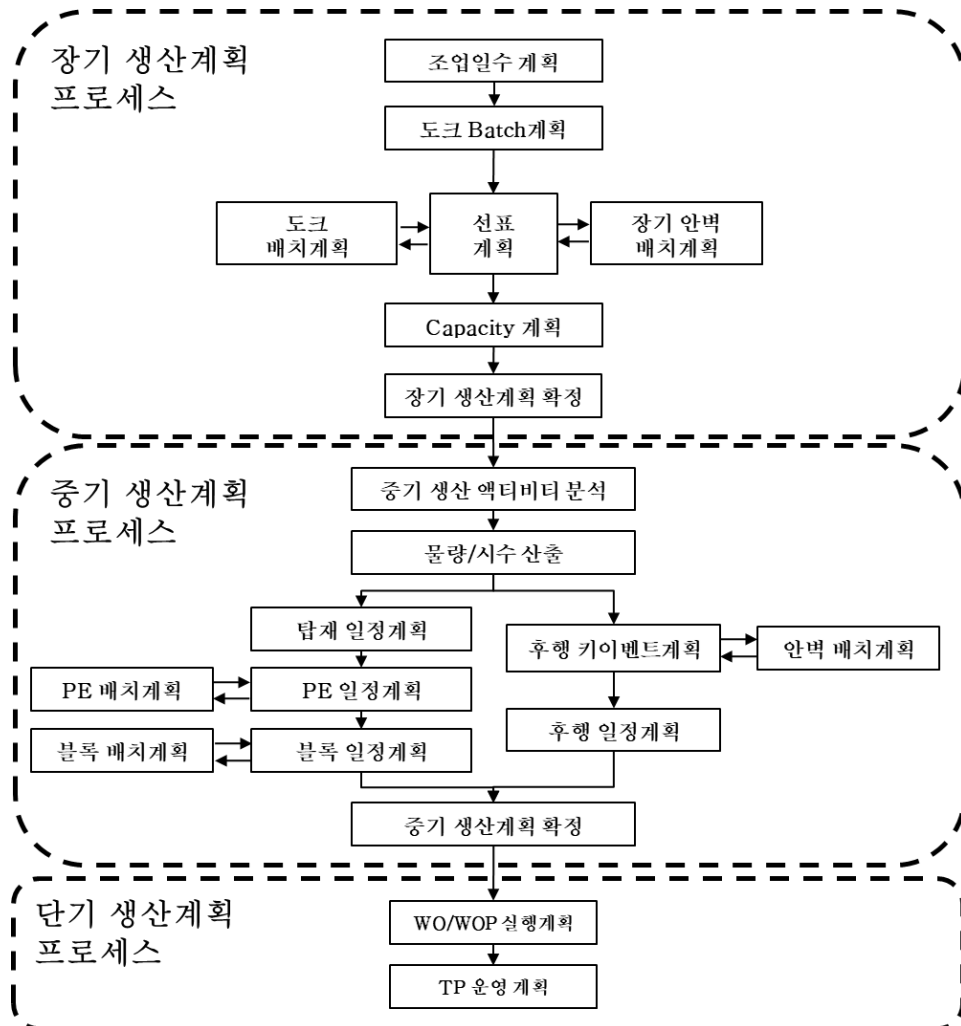


그림 3 조선소 생산계획 수립 프로세스 흐름도

장기 생산계획에서는 수주한 모든 선박에 대한 호선 믹스(Product mix)를 결정하고, 이에 대한 조선소 운영계획을 수립한다. 장기 생산계획의 상세 프로세스는 다음과 같다. 먼저 조선소의 조업일을 결정하고, 도크 Batch계획을 통해 도크에서 진수가 발생하는 간격인 도크 Batch를 결정한다. 도크에서 진수가 이루어질 때, 도크 내 모든 탄템선박의 수밀작업이 끝나야 하기 때문에 전체 선박건조 일정에서 Batch간격이 중요하다. 또한 진수 당 최소 1척의 선박의 선체 건조가 완성된다는 뜻이기 때문에, Batch간격이 해당 도크에서 1년에 건조되는 선박의 수를 결정한다고 볼 수 있다. 도크Batch를 결정한 뒤, 수주한 선박의 키이벤트의 일정을 결정하는 선표계획을 수립한다. 선표계획에서 결정하는 선박의 키이벤트는 주로SC(Steel cutting), KL(Keel laying), LC (Launching), DL(Delivery)의 4개의 이벤트이며, 탄템선박의 경우 FO(Floating) 이벤트도 포함한다. 선표계획을 수립할 때, 도크 내의 탄템선박의 배치와 진수 후 안벽에서 의장 및 시운전 공정을 수행하는 선박들의 배치를 고려한다. 선표계획을 수립한 뒤, 결정된 선박의 키이벤트 일정을 바탕으로 조선소의 생산자원 소요량을 추산하고, 조선소의 생산자원 운영계획을 수립하여 장기 생산계획을 확정한다.

중기 생산계획에서는 수개월 기간의 중기 생산 액티비티의 일정계획을 수립한다. 이때, 선표계획에서 결정한 선박의 키이벤트 일정 제약을 만족하도록 해야한다. 중기 생산계획의 프로세스는 LC를 기준으로 선행계획과 후행계획으로 분류된다. 선행계획과 후행계획의 두 계획은 서로 병렬적으로 수행되며, 두 계획이 모두 완료되면 중기 생산계획이 완료된다.

선행계획에서는 선체를 만들기 위해 블록을 제작하고 조립하는 블록 생산 액티비티의 일정 계획을 수립한다. 이 선행계획의 기간은 최초 철판을

절단하는 SC부터 선체가 완성되어 진수 되는 LC까지이다. 선행계획의 세부 프로세스는 다음과 같다. 먼저 도크에서 탑재 블록의 탑재 순서와 탑재일을 정하는 탑재 일정계획을 수립한다. 이 때, 탑재의 시작일은 KL일자이며, 종료일은 LC일자이다. 탄템선박의 경우 탑재 중 다른 선박의 진수가 있을 경우 FO일자 또한 고려해야 한다. 탑재블록의 탑재일이 결정되면, 탑재일을 기준으로 탑재블록의 하위 블록인 PE블록과 조립블록의 생산 액티비티의 일정계획을 수립한다. 이때 정반 및 적치장에서의 블록 배치와 장기 생산계획에서 결정한 생산자원 운영계획을 고려하여야 한다.

후행계획에서는 진수 이후 선박의 의장 및 후행 생산 액티비티의 일정계획을 수립한다. 이 후행계획의 기간은 선체가 완성되는 LC부터 완성된 선박을 고객에게 인도하는 DL까지 이다. 후행 중기 생산계획의 세부 프로세스는 다음과 같다. 먼저 후행 공정의 키이벤트를 정의하고 일자를 계획한다. 이 때, 진수 이후 선박이 후행 공정을 위해 계류하는 안벽의 배치계획을 고려해야 한다. 후행 키이벤트 일자가 결정되면 이를 기준으로 각 선내 구역에서의 구역 생산 액티비티의 일정을 계획한다.

단기 생산계획에서는 일주일 단위로 개별 작업장에서의 상세 생산 액티비티인 WOP(Work package), WOD (Work order)의 실행계획을 수립하며, 작업장의 설비, 작업장 간의 운송장비, 인력 등의 생산자원의 할당을 수행한다.

2.1.2 조선소 중기 생산계획 세부 프로세스 별 업무

본 연구에서 생산계획 시뮬레이션의 대상으로 하는 생산계획 수립 프로세스는 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스다. 이 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스는 조립블록, PE블록, 탑재블록, 후행의장재 등의 생산계획의 대상이 되는 제품의 형태에 따라 구분되는 블록 별 일정계획 프로세스와, 수립한 일정계획에 대하여 제품 배치계획을 수립하는 프로세스로 세분화된다. 이러한 조선소 중기 생산계획의 세부 프로세스에 대하여 주요 수행 업무, 의사결정 변수, 계획 제약조건에 대하여 정리하면 [표 1]과 같다.

조선소 중기 생산계획 수립 프로세스에 대한 분석 결과, 조선소 중기 생산계획의 세부 일정계획 프로세스에서 수행하는 작업은, 각 세부 프로세스의 대상이 되는 생산 액티비티의 일정계획을 생산자원을 고려하여 수립하는 것으로 정의 할 수 있다. 여기서 생산 액티비티의 일정계획은 생산 액티비티의 시작/종료일 결정과 생산자원 할당을 수행하는 작업이다. 결론적으로 조선소 중기 생산계획 수립은 생산 액티비티의 시작/종료일과 생산자원을 할당하는 작업으로 정의할 수 있다. 그러므로 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스에 생산계획 시뮬레이션을 적용하기 위해서는 이 생산 액티비티에 대한 분석을 수행하여야 한다.

표 1 조선소 중기 생산계획 세부 프로세스 별 수행업무

세부 프로세스	주요 수행업무	의사결정 변수	제약조건
탑재 일정계획	-탑재순서 결정 -탑재 생산 액티비티 일정계획 수립	-탑재순서 -탑재일 -생산자원 할당	-탑재순서 제약 -PE 공정 정보 -탑재공정 정보 -생산자원 제약 -키이벤트 일정
PE 일정계획	-PE 개시일 결정 -PE 순서 결정 -PE 생산 액티비티 일정계획 수립	-PE 개시일 -PE 순서 -PE 생산 액티비티 시작일	-탑재일 -PE 블록 정보 -PE 공정 정보 -생산자원 제약
PE 배치계획	PE 작업장 내 PE 블록 배치계획 수립	-생산자원 할당	-PE 블록 정반 배치제약
블록 일정계획	-블록 절단도 출도일 결정, -블록 생산 액티비티 일정계획 수립	-절단 개시일 -블록 생산 액티비티 시작일	-PE 개시일 -PE 순서 -조립 블록 정보 -블록 공정 정보
블록 배치계획	작업장 내 블록 배치계획 수립	-생산자원 할당	-생산자원 제약 -조립 블록 정반 배치제약
후행 일정계획	구역별 후행 생산 액티비티 일정계획 수립	-구역 생산 액티비티 시작일 -생산자원 할당	-후행 키이벤트 일정 -생산자원 제약

2.2 조선소 중기 생산계획 대상 정의

2.2.1 생산 액티비티 네트워크

조선소 중기 생산계획은 선박을 생산을 위해 분할한 블록과 구역 단위의 생산공정에 대한 일정계획으로 정의할 수 있다. 여기서 이 중기 생산계획은 생산 액티비티 네트워크로 표현된다. 생산 액티비티 네트워크는 단위 생산 액티비티와 릴레이션으로 구성된다.

[그림 4]는 생산 액티비티 네트워크의 한 예시이다. 여기서 상위 블록C는 1차PE 공정에서 하위 블록 A와 B를 조립하여 제작된다. 또한 블록 A는 블록C로 조립되기 위하여 가공, 소조립, 중조립, 대조립 공정을 거쳐야 되며, 블록 B는 가공, 소조립, 중조립, 대조립, 선의장 공정을 거쳐야 된다. 이 블록 A, B, C의 중기 생산작업은 [그림 4]와 같이 생산 액티비티 네트워크로 표현된다.

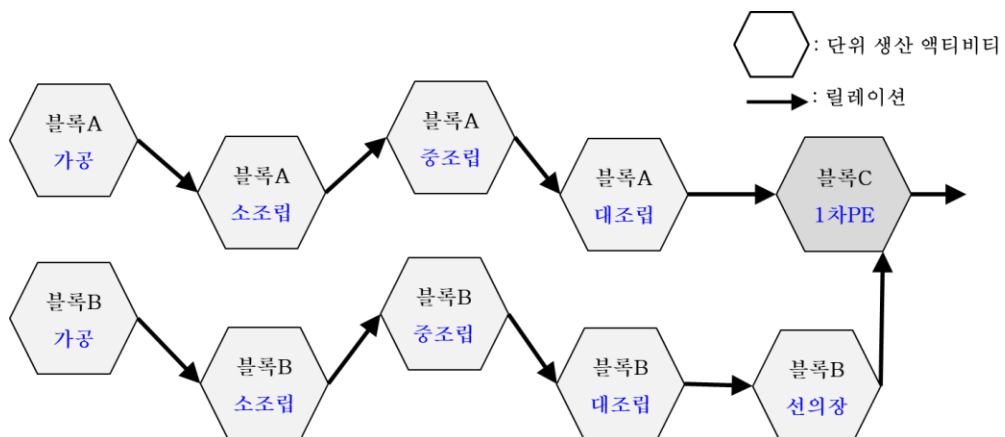


그림 4 생산 액티비티 네트워크

단위 생산 액티비티는 조선소 중기 생산계획에서 다루는 생산작업의 최소 단위이다. 이 단위 생산 액티비티는 [그림 5]에서 보듯이 생산작업의 대상이 되는 블록/구역의 정보와 수행하는 생산작업에 대한 정보, 생산작업을 수행하는 일정에 대한 정보가 포함된다. 여기서 블록정보에는 블록의 무게, 면적, 분류 등의 블록기본정보와 블록의 BOM구조를 표현하는 블록트리구조로 구성된다. 또한 생산작업정보에는 작업 구분, 작업에 소요되는 기간과 생산자원에 대한 정보들이 포함된다. 마지막으로 일정정보에는 생산작업의 시작/종료일과 생산작업을 수행하기 위해 할당된 생산자원에 대한 정보들이 포함된다. 이 단위 생산 액티비티의 블록정보, 생산작업정보, 일정정보 중 블록정보와 생산작업정보는 계획을 수립하기 전에 확정하는 정보로써, 계획 수립 중에는 변경이 불가능한 정보이다. 반면에, 일정정보는 계획 수립의 과정에서 결정되는 정보로써, 각 단위 생산 액티비티의 일정정보를 사전에 결정한 계획목표에 부합되도록 결정하는 것이 생산계획 수립이라고 할 수 있다.

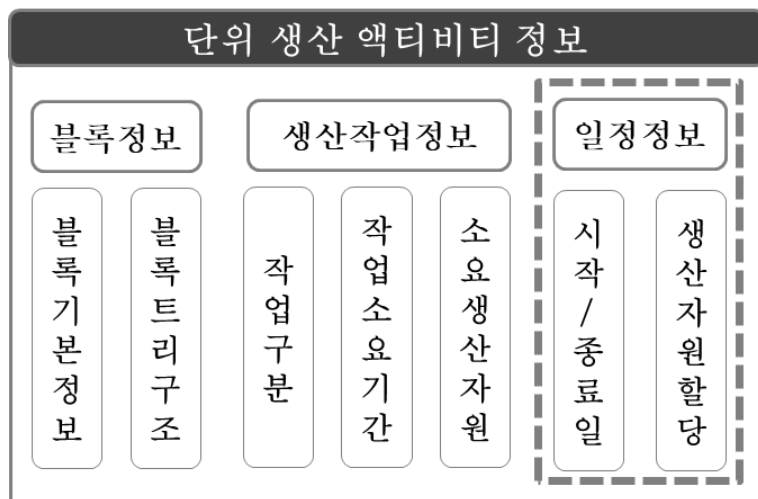


그림 5 단위 생산 액티비티의 정보 구조

릴레이션은 각 단위 생산 액티비티 간의 연결 관계를 표현한다. 릴레이션에는 [그림 6]과 같이 선/후행 단위 생산 액티비티, Lag, 관계 종류 정보가 포함된다. 중기 단위 생산 액티비티의 릴레이션의 관계 종류에는 SS(시작 후 시작: Start to Start), SF(시작 후 종료: Start to Finish), FS(종료 후 시작: Finish to Start), FF(종료 후 종료: Finish to Finish)의 4가지가 있다. 이 관계 종류 구분에 따라 선행 단위 생산 액티비티의 시작/종료가 후행 단위 생산 액티비티의 시작/종료에 어떻게 영향을 미치는지 달라진다.

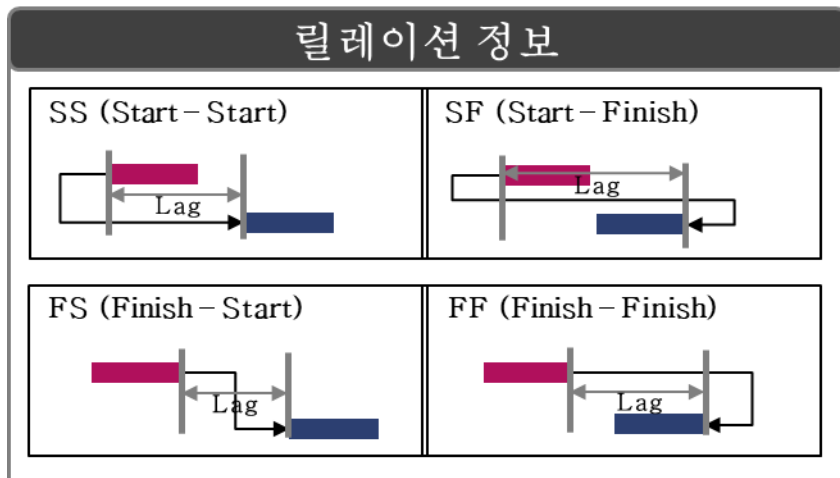


그림 6 릴레이션의 관계 종류 별 단위 액티비티 별 연결 관계

앞에서 분석한 바와 같이, 조선소 중기 생산계획의 대상은 생산 액티비티 네트워크로 표현된다. 이 생산 액티비티 네트워크는 단위 생산 액티비티와 릴레이션으로 구성되며, 조선소 중기 생산계획을 수립한다는 것은 이 생산 액티비티 네트워크 상의 단위 생산 액티비티의 일정 정보를 결정하는 것을 말한다. 그러므로 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스를 개선하기

위해서는 단위 생산 액티비티의 일정 정보를 결정하는 프로세스를 개선하여야 한다.

2.2.2 기존 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스

앞에서 분석한 바와 같이 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스는 생산 액티비티 네트워크 상의 단위 생산 액티비티의 일정 정보를 결정하는 프로세스로 정의할 수 있다. 기존 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스에서 단위 생산 액티비티의 일정 정보를 결정하기 위하여 고려하는 사항은 의사결정변수, 종속변수, 계획 제약조건 3종류로 분류할 수 있다.

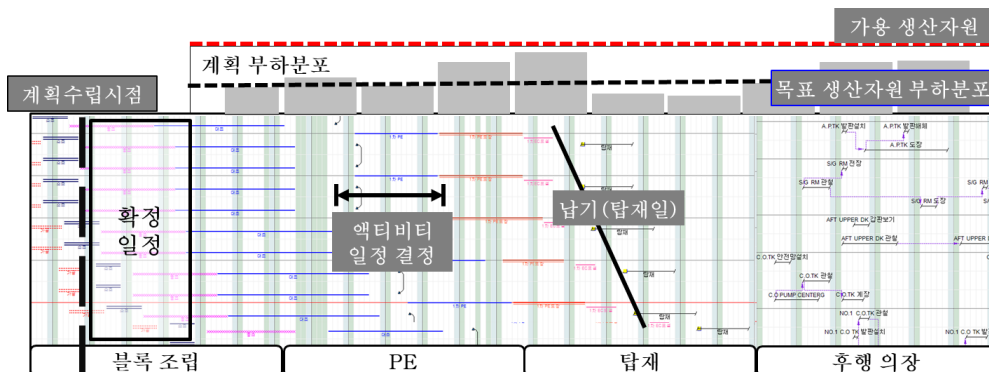


그림 7 조선소 중기 생산계획 수립 문제의 정의

[그림 7]은 조선소 중기 생산계획 수립 문제를 도식화 한 것이다. 의사결정변수는 생산계획 수립 시에 결정할 수 있는 변수로서, 생산계획의 결과물이 된다. 이 의사결정변수는 단위 생산 액티비티의 일정 정보로써, 각 단위 생산 액티비티의 시작/종료일과 단위 생산 액티비티를 수행하기 위해

점유하는 생산자원에 대한 결정이다.

중속변수는 의사 결정변수의 결정에 따라 종속적으로 계산되어지는 변수이다, 이 중속변수에는 계획 부하분포와 생산 액티비티 네트워크의 최초 시작일과 최종 종료일이 속한다. 계획 부하분포는 각 단위 생산 액티비티의 일정 정보에 따라 계산되어지는 조선소 생산자원의 부하 총계로서, 조선소 중기 생산계획의 경우 정반점유 부하, TP운행 거리, 투입 작업자 수, 크레인 사용 수 등이 있다. 생산 액티비티 네트워크 최초 시작일은 생산 액티비티 네트워크 상의 단위 생산 액티비티 중 가장 이른 시작일이며, 최종 종료일은 단위 생산 액티비티 중 가장 늦은 종료일이다.

계획 제약조건은 중속 변수가 변경 될 수 있는 범위를 제약하는 요소이다. 이 계획 제약조건에는 생산자원 Capacity와 확정일정, 납기일 등이 있다. 생산자원 Capacity는 조선소 가용 생산자원의 한계 Capacity로서, 중속변수의 생산자원 부하분포는 이 한계 Capacity를 절대 넘을 수 없다. 목표 생산자원 부하분포는 계획에서 달성하고자 하는 계획 생산자원 부하분포로서, 계획 수립 시에는 전체 가용 생산자원 한계 Capacity가 아닌 목표 생산자원 부하분포는 계획 제약조건으로서 적용된다. 다음으로 확정일정은 계획 수립 시점에 이미 일정이 확정되어 계획 수립 프로세스에서 변경할 수 없는 단위 생산 액티비티의 일정이다. 생산계획을 수립하는 시점에서 이미 시작된 단위 생산 액티비티이나 특수한 계약으로 지정된 단위 생산 액티비티의 일정은 계획 수립 단계에서 변경할 수 없기 때문에 확정일정에 포함된다. 납기일은 각 블록 제작 공정이나 구역 의장 공정의 기한으로서, 탑재 블록의 탑재일이나 주요 후행 키이벤트 일자이다.

기존 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스를 생산 액티비티 네트워크와 의사 결정변수, 종속변수, 계획 제약조건의 관점에서 분석하면, 중기 생산 계획 수립 프로세스는 [그림 8]과 같이 나타낼 수 있다. 먼저, 의사 결정변수인 생산 액티비티 네트워크 상의 단위 생산 액티비티의 일정을 결정한다. 다음으로 결정한 일정에 대한 종속변수인 생산자원의 부하분포와 생산 액티비티 네트워크 최초 시작일, 최종 종료일을 계산한다. 계산된 종속변수들이 계획 제약조건을 위반하는지 검토한다. 검토한 결과, 위반되는 사항이 있으면 단위 생산 액티비티의 일정을 다시 결정하여 재검토를 수행한다. 위와 같은 과정을 결정한 계획이 계획 제약조건을 만족할 때까지 반복하며, 최종적으로 수립된 일정에 문제가 있을 경우 계획 제약조건을 변경하여 앞의 과정을 반복하게 된다.

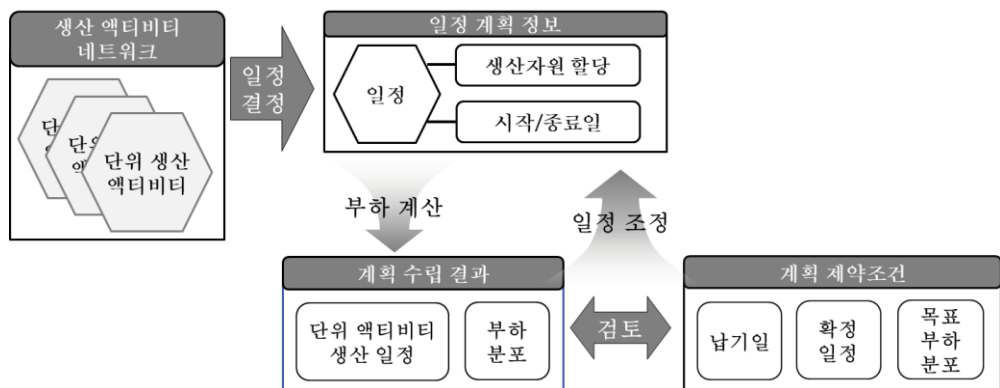


그림 8 기존 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스

2.3 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스 개선 방안 도출

기존의 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스에서는 계획 제약조건을 만족하는 일정을 결정하기 위해서 시행착오를 반복해야 된다. 이러한 시행착오 방식 때문에 계획을 수립하는데 많은 시간이 소요되며, 다양한 계획 제약을 적용할 경우 만족하는 계획을 수립할 때까지 필요한 시행착오 반복 횟수가 증가하기 때문에, 계획 수립 단계에서 한두 종류의 생산자원 제약만을 고려한 생산계획을 수립하게 된다. 이 경우, 고려하지 않은 생산자원의 가용 문제로 일정 지연이 발생할 가능성이 있기 때문에, 수립한 계획의 실행 정확도를 낮추는 원인이 된다.

이렇게 계획 수립에 시간이 많이 소요되고, 계획의 정확도가 낮아지는 문제를 개선하기 위해서는 기존의 시행착오 방식의 생산계획 수립 프로세스를 개선하여야 한다. 기존에 시행착오 방식으로 계획을 수립하는 이유는, 결정한 일정을 검토하는 과정에서 제약 위반사항이 발생할 경우에 적절한 계획 수정 대안을 제시하지 못하기 때문이다. 이 문제는 기존 생산계획 수립 프로세스에서 전체 생산 액티비티 네트워크의 일정을 결정 한 뒤 종속 변수를 계산하여 계획 제약조건을 고려하기 때문에 발생한다. 그러므로 생산계획 수립 프로세스를 개선하기 위해서는 검토 과정에서 적절한 일정 수정 대안을 제시하는 방법을 개발하거나, 일정 결정 단계에서 계획 제약조건을 미리 고려하는 방법을 개발하여야 한다.

앞에서 제시한 기존의 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스를 개선하는 두가지 방법 중 일정 수정 대안 제시 방법은 비효율적인 방법이다. 그 이유

는 제약조건을 만족하는 일정 수정 대안을 탐색하는 것은 복잡한 생산 액티비티 네트워크 간의 상호작용을 모두 고려해야 하기 때문에, 결국 시행착오 방식으로 수정 대안을 생성하여야 하기 때문이다. 그러므로, 일정 결정 단계에서부터 계획 제약조건을 고려하여 일정을 결정하도록 하는 방식으로 개선 방향을 설정하여야 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 생산계획 시뮬레이션을 활용하여 계획 제약조건을 고려하여 일정을 결정할 수 있도록 하고자 한다.

생산계획 시뮬레이션은 생산계획을 가상 생산 환경에서 미리 실행해 봄으로써, 생산 실행에서 발생하는 위험을 미리 파악하기 위해 수행하는 시뮬레이션이다. 생산계획 시뮬레이션에서는 각 생산 공정이 필요한 조건(계획 시작일자, 선행 공정, 생산자원 사용)이 충족되지 않으면 수행되지 않고 지연이 발생한다. 이를 반대로 말하면, 수행된 생산 공정은 계획 제약조건 중 생산자원 제약 조건이 충족되었다는 것으로 해석할 수 있다. 다만 시뮬레이션 과정에서 일정 지연이 발생할 수 있기 때문에 계획 제약 조건 중 납기일 제약이 반드시 충족한다고는 할 수 없다.

생산계획 시뮬레이션의 결과로 도출된 생산 일정 즉, 단위 생산 액티비티 일정 정보는 생산자원 제약을 반드시 만족한다. 이 생산계획 시뮬레이션에 확정일정과 납기일을 고려하도록 시뮬레이션 요소를 추가하면 [그림 9]와 같이 일정 결정 단계에서 계획 제약조건을 모두 만족하는 단위 생산 액티비티의 일정을 결정할 수 있다. 이 생산계획 시뮬레이션을 생산계획 수립 프로세스에 적용한다면, 기존 시행착오 방식의 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스를 개선하여, 계획을 신속하고 정확하게 수립할 수 있게 될 것이다.

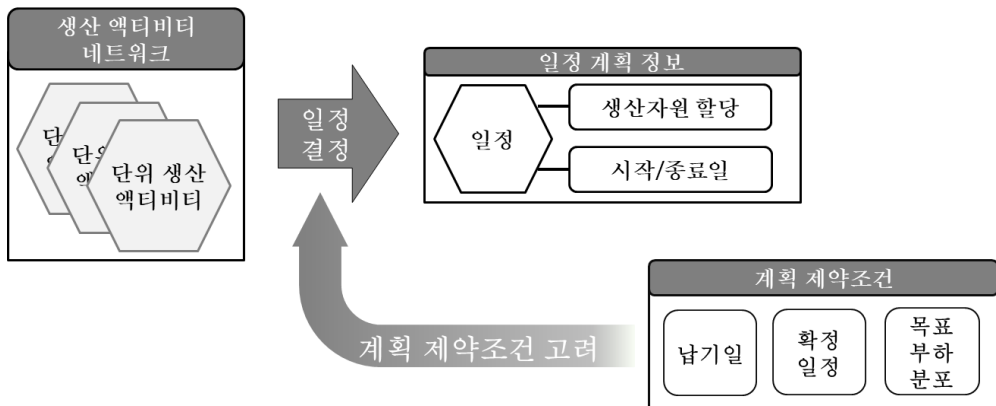


그림 9 생산계획 시뮬레이션을 활용한 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스

제 3 장

조선소 중기 생산계획 시뮬레이션 모델링 방법론 개발

3.1 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스 개선을 위한 생산계획 시뮬레이션 정의

3.1.1 생산계획 시뮬레이션을 활용한 조선소 중기 생산계획 수립 문제 정의

본 연구의 2.2.2 에서 기존의 조선소 중기 생산계획 수립 문제를 [표 2]의 기존과 같이 정의하였다. 이 계획 문제에서 의사 결정변수는 각 단위 생산 액티비티의 일정이다. 여기서 단위 생산 액티비티의 개수가 많고, 각 단위 액티비티가 가질 수 있는 일정의 경우의 수도 많다. 이 때문에 계획 제약조건을 모두 만족하는 단위 생산 액티비티의 일정을 결정하는데 시간이 많이 소요된다. 또한 계획 제약조건이 늘어나 계획 문제가 복잡해 지면 일정 결정이 사실상 불가능해지는 문제가 발생한다. 이러한 의사 결정변수의 범위가 넓어서 발생하는 문제를 해결하기 위해서는 조선소 중기 생산계획 수립 문제를 다시 정의해야만 한다.

여기서 본 연구의 2.3 에서 제시한 생산계획 시뮬레이션을 활용한 조선소 중기 생산계획 수행 프로세스를 보면, 기존에 의사 결정변수인 단위 생산 액티비티 일정 정보가 생산계획 시뮬레이션의 결과 정보가 되는 것을 볼 수 있다. 이는 생산계획 시뮬레이션을 활용한 조선소 중기 생산계획 수립 문제에서는 [표 2]의 생산계획 시뮬레이션 적용 후와 같이 일정 정보가 다른 의사 결정변수에 따라 변하는 종속변수가 된다는 것이다. 이 경우 의사 결정변수는 기존 계획 제약조건인 납기일, 확정일정, 목표 부하분포가 된다. 마지막으로 계획 제약조건은 생산 액티비티 네트워크 상의 단위 생산 액티비티를 지정된 관계조건에 맞게 모두 수행해야 한다는 것이 된다.

표 2 조선소 중기 생산계획 문제 정의 변화

	기존	생산계획 시뮬레이션 적용
의사 결정변수	- 단위 생산 액티비티 일정 정보	- 납기일 - 확정일정 - 목표 부하분포
종속변수	- 최초 시작/최종 종료일 - 계획 부하분포	- 단위 생산 액티비티 일정 정보 - 최초 시작일 - 계획 부하분포
계획 제약조건	- 납기일 - 확정일정 - 목표 부하분포 - 생산 액티비티 네트워크	- 생산 액티비티 네트워크

조선소 중기 생산계획은 결국 상위 계획 단계나 경영상의 판단으로 결정된 납기일, 확정일정, 목표 부하분포 등의 계획 목표를 달성하는 각 중기 생산공정의 일정을 결정하는 것이 목적이다. 이러한 관점에서 보면 [표 2]

의 변경 후와 같이 문제를 정의하는 것의 장점은 조선소 중기 생산계획의 계획 목표를 바로 일정정보에 반영할 수 있다는 것이다. 이는 설정한 계획 목표에 따른 일정 계획 수립 결과를 빠르고 정확하게 얻을 수 있다는 것을 뜻한다.

3.1.2 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스 개선을 위한 조선소 중기 생산계획 시뮬레이션 정의

조선소 중기 생산계획 시뮬레이션은 대상 생산 액티비티 네트워크 상의 단위 생산 액티비티의 일정을 계획 제약조건을 만족하도록 결정하기 위해 수행하는 시뮬레이션이다. 일반적으로 시뮬레이션의 구성 요소는 시뮬레이션 입력 정보, 시뮬레이션 결과, 시뮬레이션 모델로 구분 된다. 그러므로 조선소 중기 생산계획 시뮬레이션을 수행하기 위해서는, 앞서 재정의한 조선소 중기 생산계획 문제에 맞는 시뮬레이션 모델, 시뮬레이션 입력 정보, 시뮬레이션 결과에 대한 정의가 필요하다.

조선소 중기 생산계획 시뮬레이션 입력 정보는 생산계획 수립 문제에서의 의사 결정변수를 반영할 수 있어야 하며, 시뮬레이션 결과는 종속변수를 반영할 수 있어야 한다. 이는 시뮬레이션의 목적 자체가 시뮬레이션 대상 시스템 시뮬레이션 모델은 입력된 시뮬레이션 입력 변수와 설정된 계획 제약조건을 기반으로 원하는 시뮬레이션 결과를 산출할 수 있도록 정의되어야 한다.

3.2 조선소 중기 생산계획 기본정보 기반 시뮬레이션 모델링 프로세스

3.2.1 조선소 중기 생산계획 기본정보

조선소 중기 생산계획 기본정보는 생산계획을 수립하기 위해 반드시 필요한 정보이며, 대상 제품, 생산공정, 생산자원에 대한 정보로 구성되어 있다. 본 연구에서는 조선소 중기 생산계획 기본정보를 체계적으로 관리하기 위하여, 6-Factor 정보모델을 사용하였다.

6-Factor 정보모델은 기존 제조업에서 사용하는 PPR (Product, Process, Resource) 정보모델을 조선 생산의 특성에 맞게 개선한 모델이다 (Kim, 2018). 이 6-Factor 정보모델에서는 조선소 생산정보를 제품, 공정, 일정, 공간, 설비, 인력의 6가지 요소로 분류하는데, 이를 적용하면 조선소 중기 생산계획 기본정보는 [그림 10]과 같이 제품, 공정, 일정 정보로 구성된 생산 액티비티 네트워크 정보와 공간, 설비, 인력 정보로 구성된 조선소 생산자원 정보로 구분 할 수 있다.

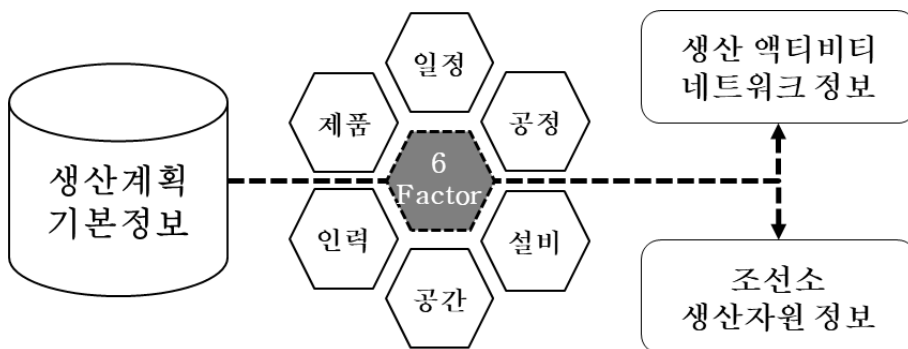


그림 10 6-Factor 정보모델로 정의된 조선소 중기 생산계획 기본정보

3.2.2 조선소 중기 생산계획 기본정보 기반 시뮬레이션 모델링 프로세스

생산계획 시뮬레이션을 수행하기 위해서는 시뮬레이션 모델이 필수적이다. 일반적인 제조업은 MTS (Make to stock) 방식으로 제품을 생산하므로, 제품의 설계와 생산공정이 일정하며, 생산을 위한 생산자원도 고정되어 중기 생산계획의 계획 기간 범위에서는 변하지 않는다. 이러한 산업에서는 사전에 정의된 제품과 공정, 생산자원 정보를 바탕으로 고정된 시뮬레이션 모델을 사전에 구축하고, 이 모델을 재사용하는 방식으로 생산계획 시뮬레이션을 수행할 수 있다. 이와 대조적으로 조선 산업은 대표적인 ETO (Engineering to order) 산업으로서 매 제품마다 설계를 새롭게 수행하게 되며, 이에 따라 생산 공정도 유기적으로 바뀌게 된다. 또한, 조선소의 생산환경은 고정된 라인 방식 생산이 아닌 유동적인 작업장 방식 생산이기 때문에, 상황에 따라 생산자원을 유동적으로 조정할 수 있다. 이러한 조선 산업의 특성 때문에 생산계획 시뮬레이션을 수행할 때 마다 시뮬레이션 모델링을 새롭게 수행해야만 한다.

조선소 중기 생산계획 시뮬레이션의 모델링은 생산계획을 수립 할 때마다 새롭게 수행되어야 하기 때문에, 이 모델링에 소요되는 시간을 절감하여야 한다. 이를 위해서는 생산계획 기본정보를 바탕으로 시뮬레이션 모델링을 수행하는 프로세스를 정의하여야 한다. 생산 액티비티 네트워크 정보와 조선소 생산자원 정보로 구성된 생산계획 정보는 [그림 11]에 나타난 프로세스를 통해 모델링이 수행된다. 생산 액티비티 네트워크 정보를 기반으로 공정 중심 모델링을 수행하여 정방향 생산계획 시뮬레이션 모델을 구축

한다. 최종적으로 이 정방향 모델을 역방향 모델로 변환하면 역방향 시뮬레이션 모델을 얻을 수 있다. 한편으로 조선소 생산자원 정보는 조선소 생산환경을 고려하여 생산계획 시뮬레이션 모델의 생산자원 제약으로 적용된다. 이러한 조선소 중기 생산계획 기본정보 기반 시뮬레이션 모델링 프로세스는 본 연구의 3.3에서 공정 중심 모델링 프로세스를, 3.4에서 역방향 변환 프로세스를, 3.5에서 조선소 생산환경을 고려한 생산자원 제약 설정 프로세스를 자세히 정의한다.

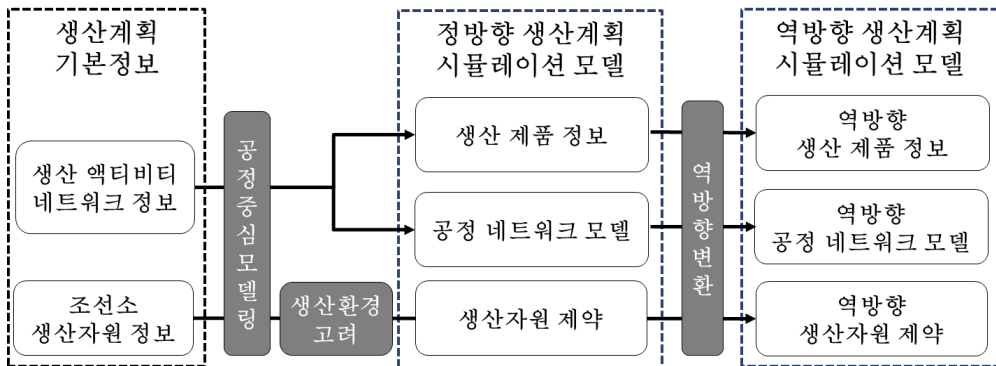


그림 11 조선소 중기 생산계획 기본정보 기반 생산계획 시뮬레이션 모델링 프로세스

3.3 공정 중심 생산계획 시뮬레이션 모델링

3.3.1 공정 중심 모델링 방법론을 통한 생산 액티비티 네트워크 변환

조선소 중기 생산계획 기본정보는 생산 액티비티 네트워크와 조선소 생산자원 정보로 구성되어 있다. 본 연구에서는 조선소 중기 생산계획 기본정보에 공정 중심 모델링 방법론을 적용하여 공정 중심 생산계획 시뮬레이션 모델을 구축하고자 한다.

조선소 작업장의 생산환경을 표현하기 위한 생산계획 시뮬레이션 모델을 구축할 때, 공정 중심 시뮬레이션 모델링 방법론을 적용하는 것이 조선소 작업장의 생산환경을 효율적으로 잘 표현할 수 있다(Jeong et al. 2016). 공정 중심 생산계획 시뮬레이션 모델은 공정 네트워크 모델과 공정에 투입될 생산 제품 정보, 제품에 대한 공정을 수행하기 위해 필요한 생산자원 제약으로 구성된다. 이 공정 중심 생산계획 시뮬레이션 모델의 특징은 공정과 공정 사이의 선/후행 관계로 구성된 공정 네트워크 모델을 중심으로 시뮬레이션을 실행한다는 것이다. 시뮬레이션의 실행 과정에서, 제품은 공정 네트워크 상의 공정에 할당되며, 동시에 제품의 공정을 실행하기 위한 생산자원의 할당이 수행되게 된다.

조선소 중기 생산계획 기본정보 중 생산 액티비티 네트워크는 단위 생산 액티비티와 릴레이션으로 구성되어 있다. 여기서 단위 생산 액티비티는 크게 블록 정보와 생산작업 정보로 구성되어 있으며, 릴레이션을 공정 간 관

계 정보로 구성되어 있다. 이 정보들 중 블록 정보는 6-Factor 정보모델을 사용하여 구분하면 제품 정보에 속하며, 이 제품 정보를 바탕으로 공정 중심 생산계획 시뮬레이션 모델 중 생산 제품 정보를 생성 할 수 있다. 한편 으론 생산작업 정보와 관계 정보는 6-Factor 정보모델을 사용하여 구분하면 공정 정보에 속하며, 이 공정 정보를 바탕으로 공정 네트워크 모델을 생성 할 수 있다. 이 프로세스를 그림으로 나타내면 [그림 12]와 같다.

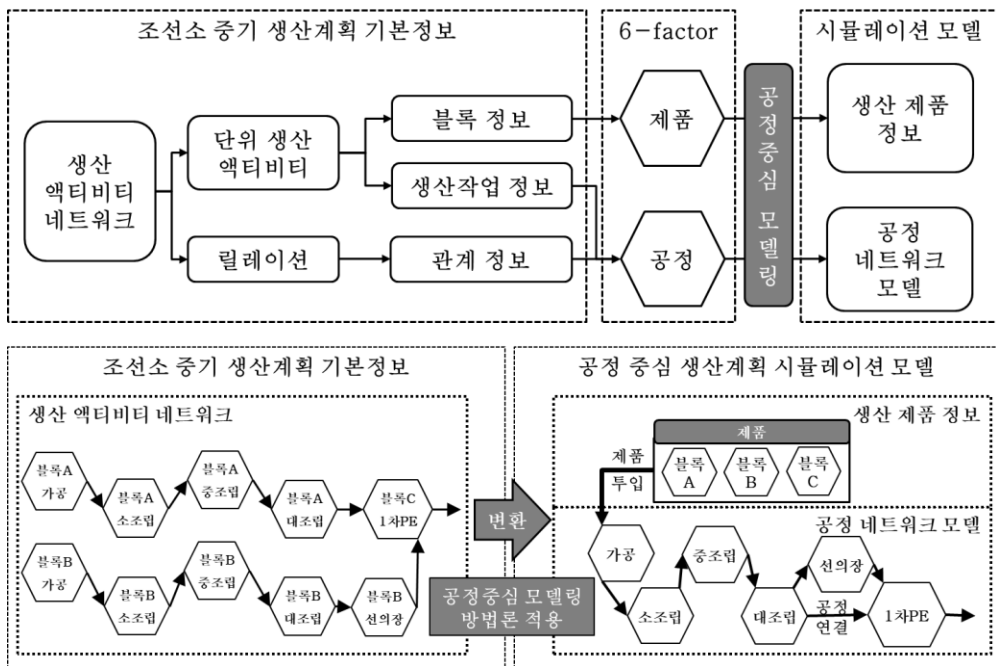


그림 12 생산 액티비티 네트워크에서 공정 네트워크 모델로의 변환

3.3.2 공정 중심 모델링 방법론을 적용한 생산계획 시뮬레이션 모델

생산 액티비티 네트워크는 공정 중심 모델링 방법론을 통해 공정 중심 생산계획 시뮬레이션 모델의 생산 제품 정보와 공정 네트워크 모델로 변환된다. 이 공정 중심 시뮬레이션 모델을 통해 생산계획 시뮬레이션을 실행하면 제품이 공정 네트워크 모델 상의 공정에 할당되게 된다. 제품이 공정에 할당 되면, 제품의 생산작업 즉, 단위 생산 액티비티가 생성되며, 이 단위 생산 액티비티 단위로 생산자원 제약조건을 고려하여 단위 생산 액티비티의 일정을 시뮬레이션 결과로 출력하게 된다. 그러므로 공정 중심 생산계획 시뮬레이션은 [그림 13]과 같이 단위 생산 액티비티 단위로 생산자원 제약을 고려한 일정을 산출하는 시뮬레이션이 된다.

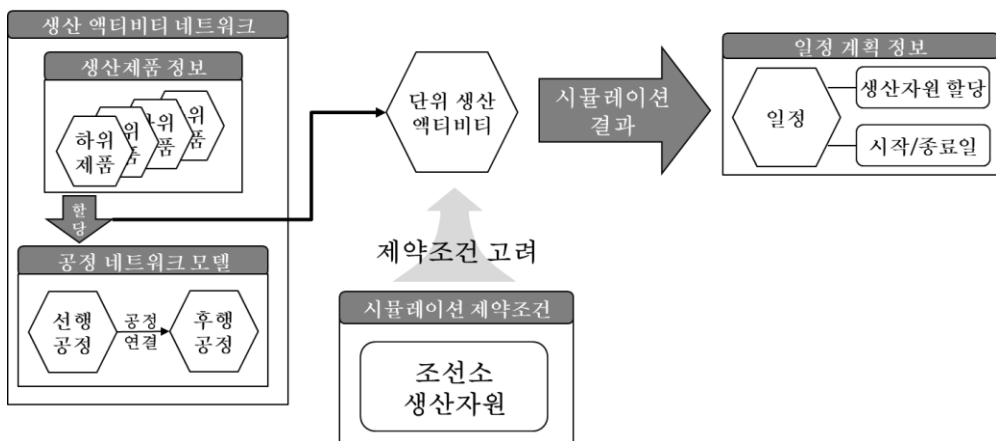


그림 13 공정 중심 생산계획 시뮬레이션 실행 프로세스

3.4 역방향 생산계획 시물레이션 모델로의 변환

3.4.1 역방향 시물레이션

3.3에서 구축한 공정 중심 생산계획 시물레이션 모델은 시물레이션 실행이 실제 시간의 흐름과 동일한 정방향 시물레이션 모델이다. 정방향 시물레이션 모델은 대상 시스템의 초기 상태를 기준으로 시간에 흐름에 따른 시스템의 변화를 도출하는 것을 목적으로 한다. 정방향 공정 중심 생산계획 시물레이션의 경우, 대상 시스템의 초기 상태는 각 블록 생산 액티비티 네트워크의 최초 시작일 즉, 블록의 제작 시작일이 된다. 이 경우 시물레이션의 최종 결과로 도출되는 것은 각 단위 생산 액티비티의 일정 정보와 각 블록 생산 액티비티 네트워크의 최종 종료일이 된다. 조선소 중기 생산계획에서는 각 블록 생산 액티비티 네트워크의 최종 종료일은 보통 납기일로, 계획의 목표 혹은 제약조건으로 사전에 지정된 날짜이며, 최초 시작일이 생산계획을 통해 결정하고자 하는 정보가 된다. 그러므로 정방향 공정 중심 생산계획 시물레이션을 통해서만 조선소 중기 생산계획에서 원하는 시물레이션 결과를 얻을 수 없다.

조선소 중기 생산계획에서 원하는 시물레이션 결과는 생산자원 제약을 고려하여 사전에 지정된 각 블록의 생산 액티비티 네트워크의 최종 종료일을 만족하는 생산 액티비티 네트워크 상의 각 단위 생산 액티비티의 일정과 이에 따른 생산 액티비티 네트워크의 최초 시작일이다. 이러한 결과를 얻기 위해서는 역방향 공정 중심 생산계획 시물레이션 모델을 사용해야만 한다.

역방향 시뮬레이션 모델은 시뮬레이션 실행이 실제 시간 흐름과 반대인 시뮬레이션 모델이다. 이 역방향 시뮬레이션 모델은 대상 시스템의 최종 상태에서 그 상태에 도달하기 위한 시스템의 이전 시간대의 상태를 차례대로 역산하기 위하여 사용된다. 역방향 공정 중심 생산계획 시뮬레이션의 경우, 대상 시스템의 최종 상태는 각 블록의 생산 액티비티 네트워크의 최종 종료일 즉, 납기일이 되며, 이 최종 상태에 도달하기 위한 각 생산 액티비티 네트워크 상의 단위 생산 액티비티의 일정과 최초 시작일이 시뮬레이션 결과로 도출되게 된다. 그러므로 조선소 중기 생산계획을 수립하기 위해서는 역방향 공정 중심 생산계획 시뮬레이션을 사용하여야 한다.

3.4.2 정방향 생산계획 시뮬레이션 모델의 역방향 변환

정방향 공정 중심 생산계획 시뮬레이션 모델에서 역방향 공정 중심 생산계획 시뮬레이션 모델로 변환하기 위해서는 시뮬레이션 실행 과정에서의 시뮬레이션 시간 흐름을 반대로 변환하여야 한다. 이 과정에서 선·후행 공정 관계와 생산 제품의 Tree 구조, 제품 투입 일정을 역방향 시뮬레이션 모델에 맞게 변환하여야 한다.

선·후행 공정 관계를 역방향 시뮬레이션 모델에 맞게 변환하기 위해서는 시간의 흐름과 인과관계를 반대로 역전하여야 한다. 이 경우에 각 단위 생산 액티비티의 시작일은 종료일이 되고, 반대로 종료일은 시작일이 된다. 또한 릴레이션에서 선행 공정은 후행 공정이, 후행 공정은 선행 공정이 된다. 릴레이션의 선후관계가 역전 될 때, 관계 종류는 [그림 14]와같이 변환된다. SS 관계는 FF 관계로, FF 관계는 SS 관계로 변환되며, FS와 SF 관계는

그대로 유지된다. 이 때, 릴레이션의 Lag의 값은 그대로 유지된다.

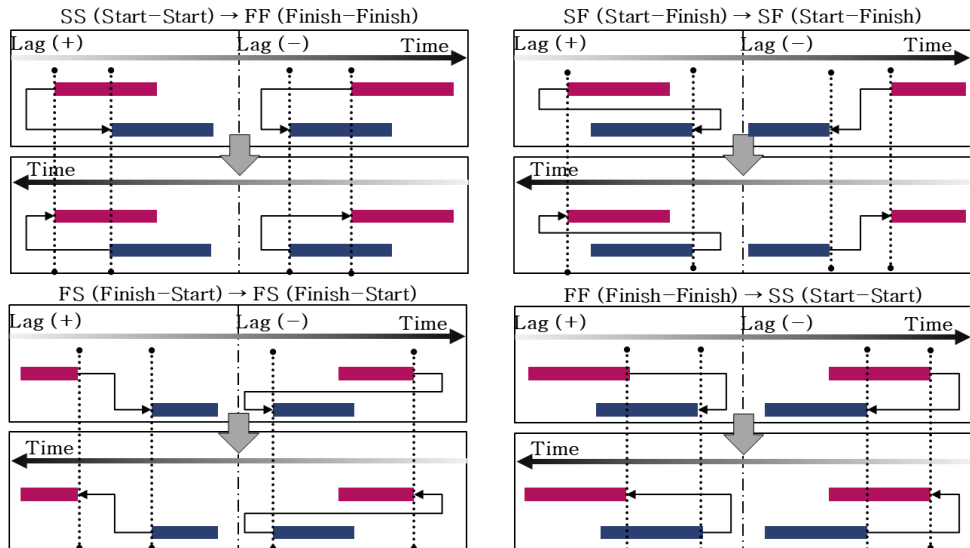


그림 14 역방향 시뮬레이션 모델로의 변환 시, 릴레이션 관계 종류의 변환

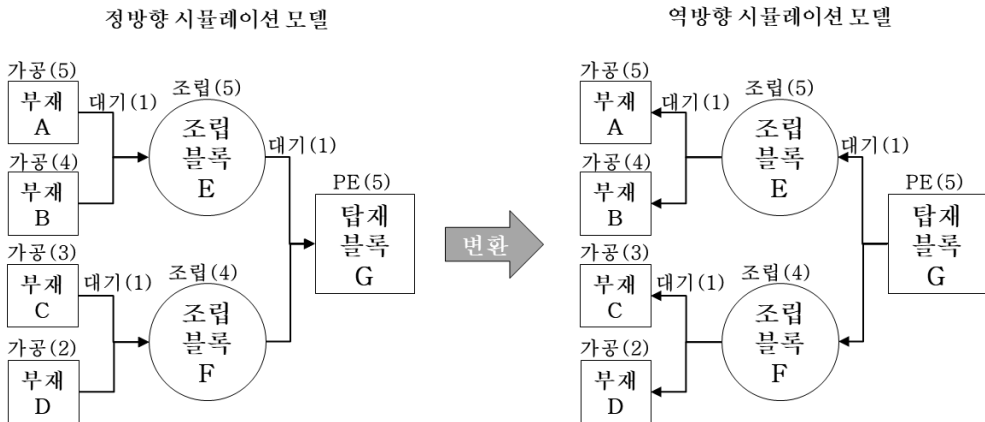


그림 15 역방향 시뮬레이션 모델로의 변환 시, 제품 Tree구조의 변환

정방향 생산계획 시뮬레이션 모델에서 제품은 시뮬레이션 실행에 따라 하위 제품에서 상위 제품으로 조립된다. 이를 역방향 생산계획 시뮬레이션

모델에 맞게 변환하면 [그림 15]와 같이 상위 제품이 시뮬레이션 실행에 따라 하위 제품으로 분해되는 형태로 변환하게 된다.

정방향 생산계획 시뮬레이션 모델에서 제품 투입 일정은 각 블록 생산 액티비티 네트워크의 최초 시작일이다. 이를 역방향 생산계획 시뮬레이션 모델로 변환하면 [그림 16]과 같이 각 블록 생산 액티비티 네트워크의 최종 종료일이 제품 투입 일정이 된다.

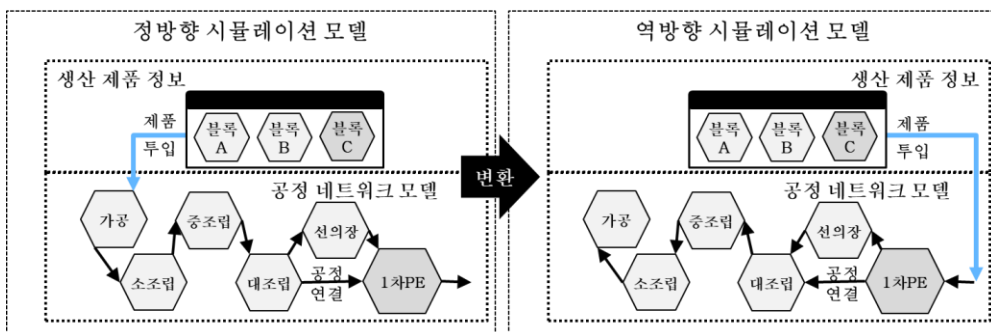


그림 16 역방향 시뮬레이션 모델로의 변환 시, 제품 투입 일정의 변환

최종적으로 정방향 공정 중심 생산계획 시뮬레이션을 역방향 공정 중심 생산계획 시뮬레이션으로 변환하면 [그림 17]과 같다.

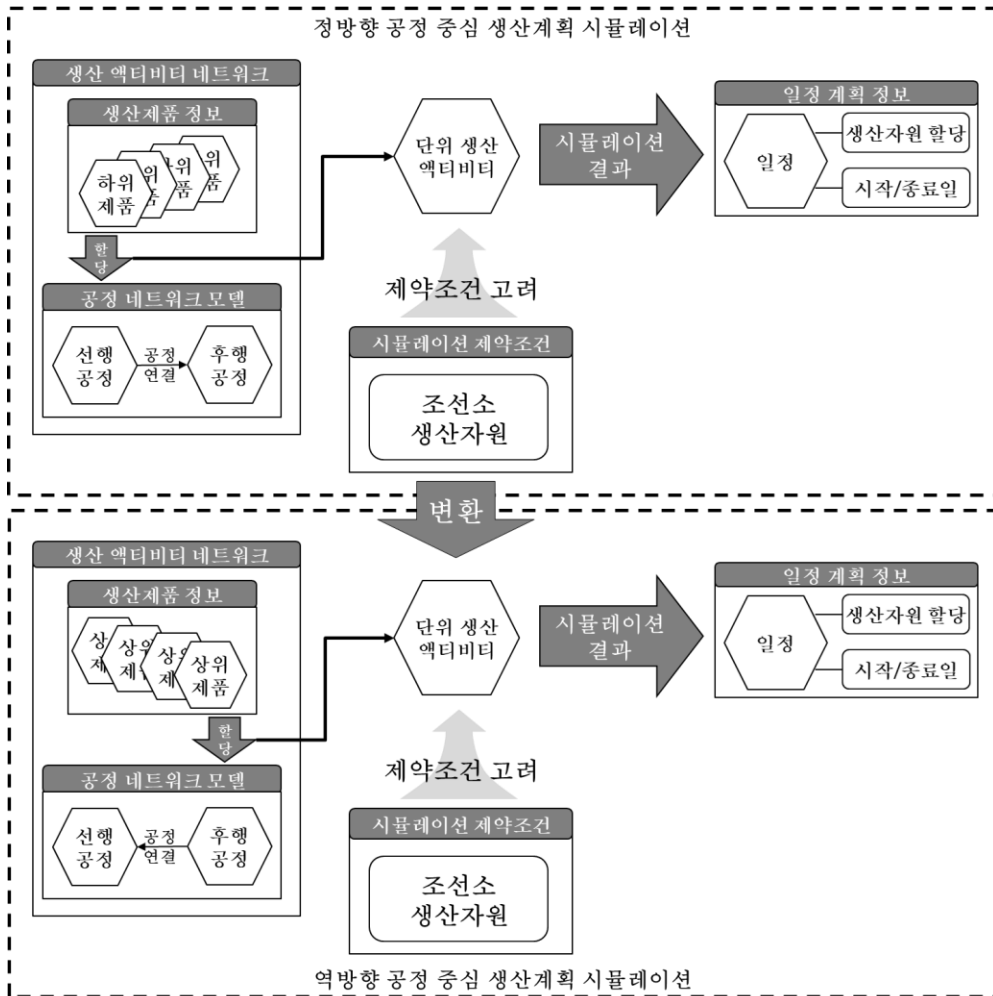


그림 17 역방향 공정 중심 생산계획 시뮬레이션으로의 변환

3.5 조선소 생산자원 제약조건 적용

조선소의 생산자원을 6-Factor 정보모델을 사용하여 분류하면 공간 생산자원, 설비 생산자원, 인력 생산자원으로 분류할 수 있다. 생산자원은 시뮬레이션 모델에서 단위 생산 액티비티가 수행되기 위한 제약조건으로 적용된다. 이 때, 각 조선소마다 중기 생산계획에서 생산자원을 정의하는 방식이 다르기 때문에, [그림 18]과 같이 조선소에 맞는 방식으로 시뮬레이션 실행 과정에서 단위 생산 액티비티에 생산자원을 할당 할 때의 제약으로 적용하여야 한다.

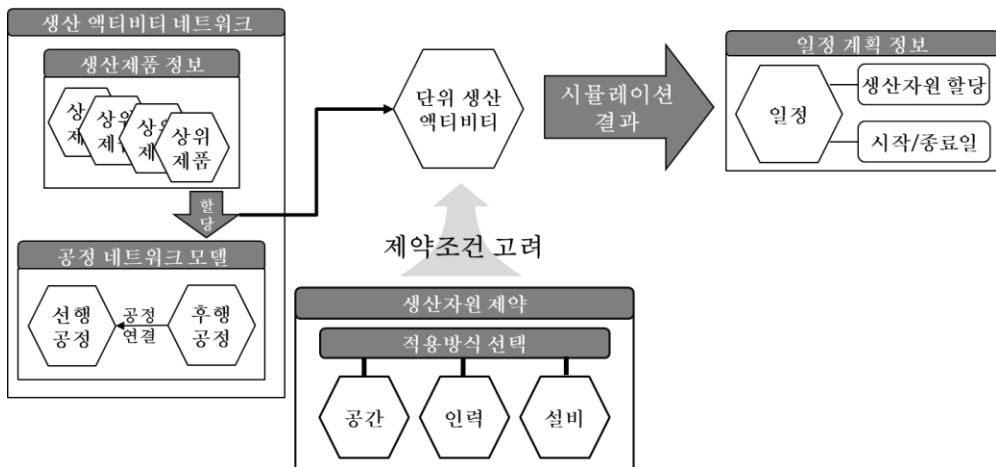


그림 18 생산자원 제약을 고려한 역방향 공정 중심 생산계획 시뮬레이션

3.5.1 공간 생산자원 제약 적용 방법

공간 생산자원은 블록의 제작공정을 수행하기 위하여 반드시 점유하여 배치되어야 하는 작업장 공간과 제작공정을 수행하지 않을 때 대기를 위해 점유하는 적치장 공간으로 분류된다. 제품은 계획 기간 동안에 반드시 작업장 혹은 적치장 공간을 점유하고 있어야 한다.

공간 생산자원 제약 적용 방법에는 [그림 19]와 같이 점유 가능 블록 개수, 점유 면적 총합, 블록 형상을 고려한 배치 방법이 있다. 점유 가능 블록 개수 방법은 각 작업장과 적치장의 공간 생산자원을 배치 가능한 블록의 개수로 고려하여 생산자원 제약을 적용하는 방법이다. 점유 면적 총합 방법은 각 작업장과 적치장의 공간 생산자원을 해당 공간 총면적으로 정의하며, 각 공간에 배치된 블록의 면적 총합이 이 공간 총면적을 넘지 못하게 하는 방법이다. 블록 형상을 고려한 공간 배치는 각 작업장과 적치장의 물에 따라 블록 형상과 작업장 및 적치장의 형상을 고려하여 블록 배치를 수행하며, 이 배치 결과에 따라 제약을 적용하는 방법이다.

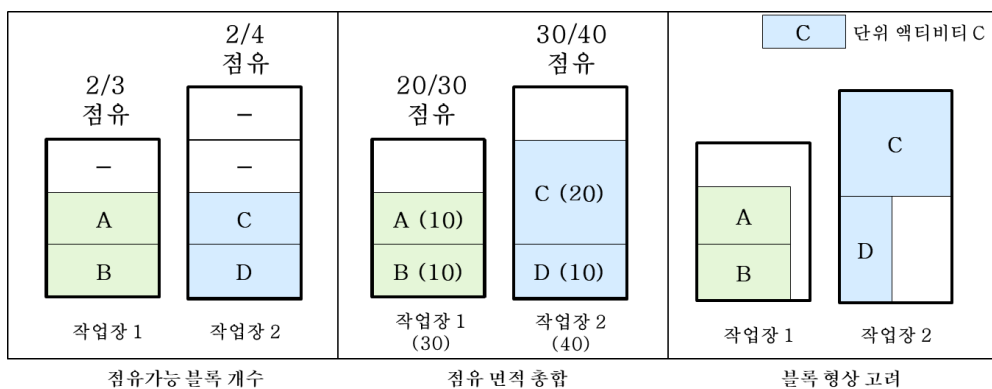


그림 19 공간 생산자원 제약 적용 방법

3.5.2 설비 생산자원 제약 적용 방법

설비 생산자원은 블록의 제작공정을 수행하기 위해 사용되는 주요 설비에 대한 제약이다. 조선소 중기 생산계획에서는 생산계획의 최소 시간 단위를 일(day)단위로 하여 계획을 수립한다. 하지만 실제 설비는 분(Minute)나 시간(Hour) 혹은 그 이하 단위로 사용된다. 이 때문에 각 블록의 제작공정에 설비가 1:1로 할당하는 방법을 설비 생산자원 제약 적용 방법으로 적용하기 힘들며, 일반적으로 [그림 20]과 같이 설비의 생산능력을 수치적으로 환산 생산자원 제약으로 적용하게 된다.

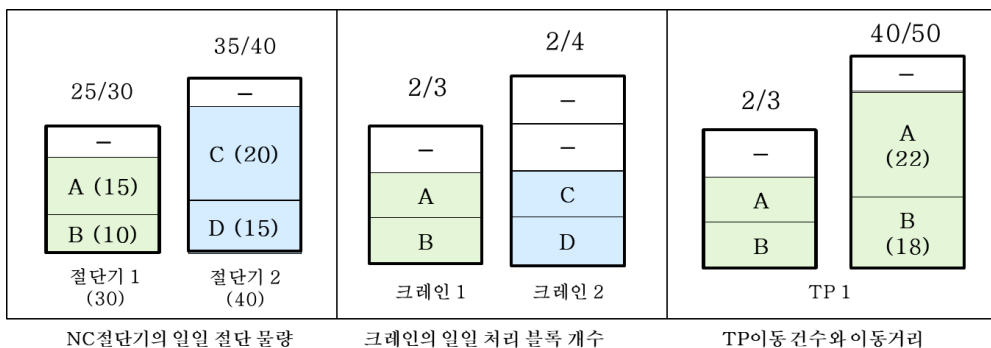


그림 20 설비 생산자원 제약 적용 방법

3.5.3 인력 생산자원 제약 적용 방법

인력 생산자원은 시수 단위로 관리된다. 시수는 작업자 1명이 1시간 동안 작업할 때 수행할 수 있는 작업량의 단위이다. 인력은 직종으로 구분되며, 이에 따라 인력 생산자원을 할당 가능한 공정의 종류가 달라진다.

인력 생산자원은 [그림 21]과 같이 평균값 사용, 진도율 적용, 누적 합 사용 등의 방법으로 생산계획 시뮬레이션의 생산자원 제약으로 적용된다. 평균값 사용 방법은 각 단위 생산 액티비티가 매일 균일한 작업량을 할당해야만 하는 방식으로 제약을 적용한다. 진도율 적용 방법은 각 단위 생산 액티비티가 공정 별로 정의된 진도율표에 의거하여 매일 변동하는 작업량을 할당해야만 하는 방식으로 제약을 적용한다. 마지막으로 누적 합 사용 방법은 단위 생산 액티비티에 투입된 시수의 누계의 합과 단위 생산 액티비티의 필요 작업량을 비교하는 방법으로 제약을 적용한다.

<table><tr><td colspan="3">단위 액티비티 A 3일 (30)</td></tr><tr><td>10</td><td>10</td><td>10</td></tr></table> <table><tr><td colspan="5">단위 액티비티 B 5일 (50)</td></tr><tr><td>10</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td></tr></table>	단위 액티비티 A 3일 (30)			10	10	10	단위 액티비티 B 5일 (50)					10	10	10	10	10	<table><tr><td colspan="3">단위 액티비티 A 3일 (30)</td></tr><tr><td>5</td><td>10</td><td>15</td></tr></table> <table><tr><td colspan="5">단위 액티비티 B 5일 (50)</td></tr><tr><td>5</td><td>10</td><td>20</td><td>10</td><td>5</td></tr></table>	단위 액티비티 A 3일 (30)			5	10	15	단위 액티비티 B 5일 (50)					5	10	20	10	5	<table><tr><td colspan="3">단위 액티비티 A 3일 (30)</td></tr><tr><td>7</td><td>8</td><td>15</td></tr><tr><td>9</td><td>8</td><td>8</td></tr></table> <table><tr><td colspan="5">단위 액티비티 B 5일 (50)</td></tr><tr><td>10</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>10</td></tr><tr><td>5</td><td>5</td><td>30</td><td>5</td><td>5</td></tr></table>	단위 액티비티 A 3일 (30)			7	8	15	9	8	8	단위 액티비티 B 5일 (50)					10	9	10	11	10	5	5	30	5	5
단위 액티비티 A 3일 (30)																																																										
10	10	10																																																								
단위 액티비티 B 5일 (50)																																																										
10	10	10	10	10																																																						
단위 액티비티 A 3일 (30)																																																										
5	10	15																																																								
단위 액티비티 B 5일 (50)																																																										
5	10	20	10	5																																																						
단위 액티비티 A 3일 (30)																																																										
7	8	15																																																								
9	8	8																																																								
단위 액티비티 B 5일 (50)																																																										
10	9	10	11	10																																																						
5	5	30	5	5																																																						
평균값 사용	진도율 적용	누적 합 사용																																																								

그림 21 인력 생산자원 제약 적용 방법

제 4 장

역방향 시뮬레이션을 활용한 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스 설계

4.1 계획 목표를 반영한 생산계획 시뮬레이션 실행 방법

조선소 중기 생산계획의 계획 목표는 시뮬레이션을 활용한 생산계획 수립 프로세스에서의 의사 결정변수로 적용된다. 이는 계획 목표를 본 연구에서 제시한 역방향 공정 중심 생산계획 시뮬레이션의 입력 정보로서 시뮬레이션에 반영하여, 생산계획 시뮬레이션을 실행하여야 한다는 것을 말한다. 이러한 조선소 중기 생산계획의 계획 목표에는 목표 부하분포, 확정 일정, 납기일이 있다.

목표 부하분포는 생산계획 수립의 결과로 달성하고자 하는 조선소 생산자원의 사용자원 분포이다. 이는 조선소 생산자원 정보에 계획 가동율을 적용함으로써 표현할 수 있다. 이 경우, 목표 부하분포는 생산계획 시뮬레이션에서 생산자원 제약으로 적용된다.

확정일정은 계획을 수립하는 시점에서 이미 확정되어 변경이 불가능한

단위 생산 액티비티의 일정을 말한다. 이 확정일정에는 계획 수립 시점에 작업 중이거나 특수한 계획으로 확정된 단위 생산 액티비티의 일정이 포함된다. 여기서 이 확정일정은 반드시 사전에 결정된 일정에 맞추어 수행되어야 한다. 이를 위해 생산계획 시물레이션에서 시물레이션을 시작하기전에 확정일정에 대한 시물레이션을 수행하여 이 확정일정에 대한 일정을 미리 산출한다. 그 뒤에 시물레이션을 실행하여 나머지 단위 생산 액티비티의 일정을 결정하는 방식으로 확정일정을 시물레이션 입력 정보로 사용한다.

납기일의 경우 생산 액티비티 네트워크의 최종 종료일을 말한다. 이 납기일은 역방향 생산계획 시물레이션에서 제품이 공정에 할당되는 초기 제품 투입 일정으로 적용된다.

결과적으로 시물레이션 입력 정보를 적용한 역방향 공정 중심 생산계획 시물레이션은 [그림 22]와 같이 정의할 수 있다.

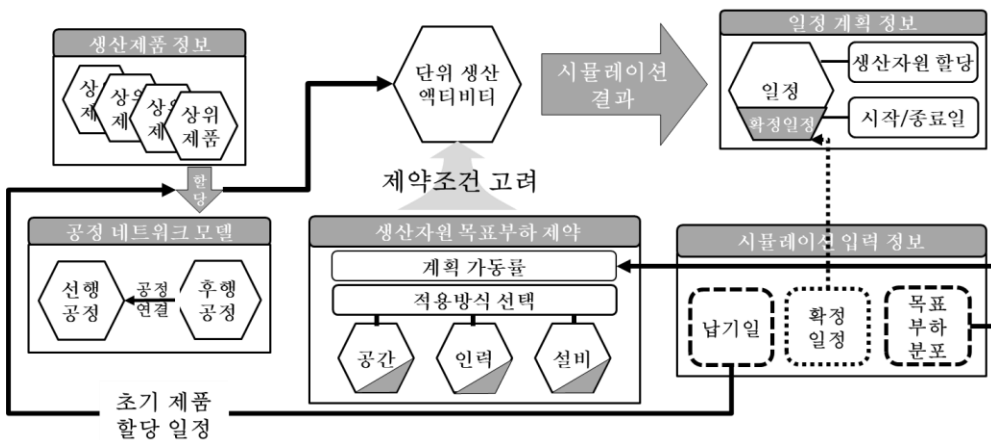


그림 22 시물레이션 입력 정보를 적용한 역방향 공정 중심 생산계획 시물레이션

4.2 역방향 시물레이션을 활용한 조선소 중기 생산 계획 수립 프로세스 설계

본 연구에서 제안한 역방향 시물레이션을 활용한 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스에서는 각 단위 생산 액티비티의 일정을 시행착오 방식이 아닌 역방향 공정 중심 조선소 중기 생산계획 시물레이션의 결과를 통해 결정한다. 이 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스는 [그림 23]과 같다. 먼저 생산계획 기본정보를 6-Factor 정보모델을 활용하여 분류 한 후, 역방향 공정 중심 생산계획 시물레이션 모델링 방법론을 통해 모델링을 수행한다. 다음으로는 생산계획의 계획 목표를 결정하고 이 계획 목표를 시물레이션 입력 정보로 변환하여 생산계획 시물레이션을 실행한다. 생산계획 시물레이션의 결과로 사전에 결정한 계획 목표를 만족하는 각 단위 액티비티의 일정이 산출되며, 이 결과를 기반으로 조선소 중기 생산계획을 수립한다.

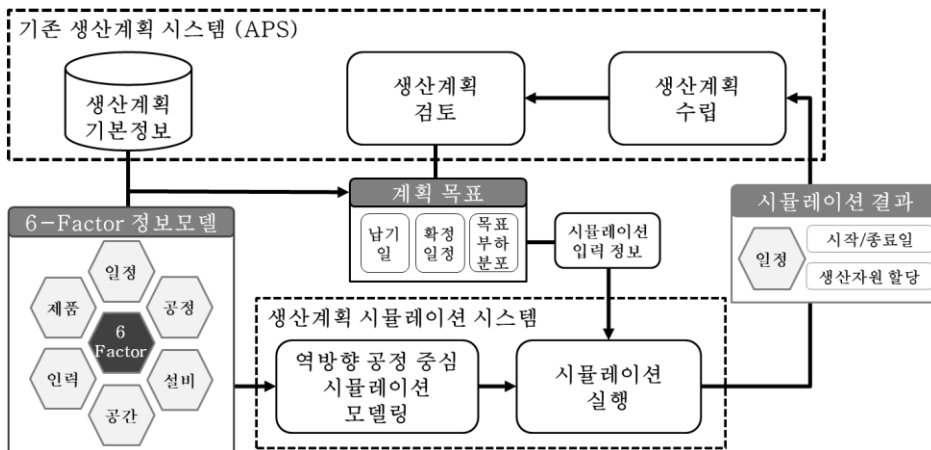


그림 23 역방향 시물레이션을 활용한 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스

4.3 역방향 시물레이션을 활용한 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스 적용 예제

조선소의 한 작업장에서 탑재블록G에 대한 제작공정에 대한 생산계획을 수립하고자 한다. 이 탑재블록G의 생산 액티비티 네트워크는 [그림 24]의 왼쪽과 같다. 탑재블록 G는 조립블록 E와 F가 조립되어 제작되며, 조립블록 E는 부재 A와B, 조립블록 F는 부재C와 D가 조립되어 제작된다. 각 블록의 제작공정이 완료되면 1일을 대기하게 되며 각 블록의 제작공정은 2~5일이다.

이 작업장에서는 매일 2MH의 인력 생산자원이 사용 가능하며, 모든 제작공정은 하루에 1MH의 인력을 소요한다. 이 때, 공간 및 설비 생산자원에 대한 고려는 하지 않는다.

이 생산계획의 계획 목표는 최대 가동률 100%, 납기일은 18일이며, 현재 0일에는 부재 A의 가공공정이 시작된 상황이다.

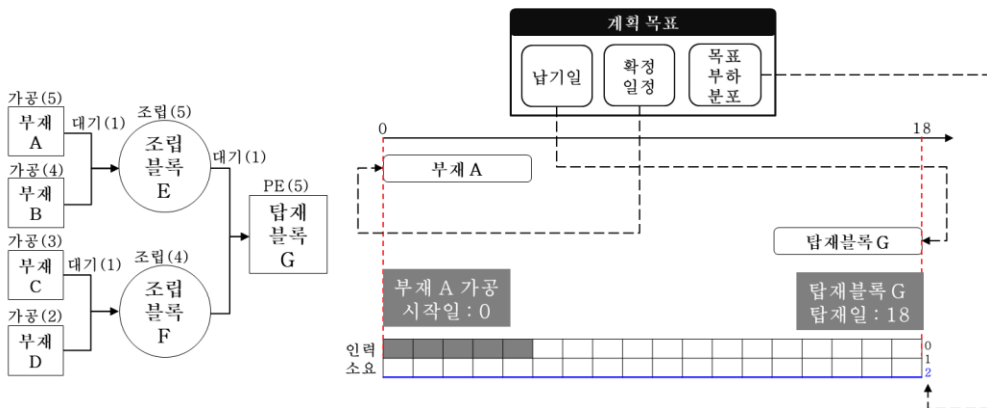


그림 24 예제 정의 (생산 액티비티 네트워크, 일정 간트 차트표)

이 예제에서 주어진 정보를 바탕으로 역방향 시물레이션을 활용하여 생산계획을 수립하면, [그림 25]에서 볼 수 있듯이 인력자원 부족으로 인해 [부재B 가공] 액티비티가 2일 지연되게 된다. 이 경우 [부재B 가공] 액티비티의 계획 시작일은 -1로 계획 수립 시점 이전에 이미 계획을 시작 했어야 하므로 타당하지 않은 계획이라는 것을 알 수 있다.

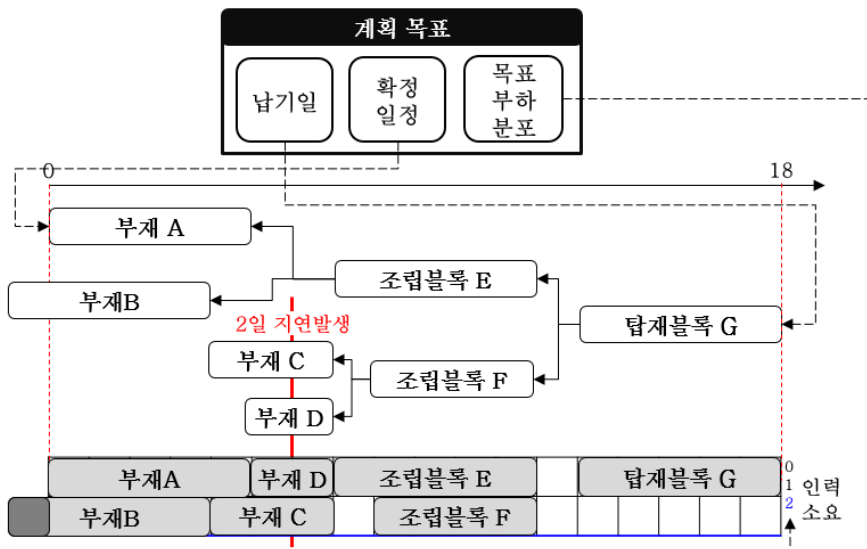


그림 25 예제 - 생산자원 부족으로 인한 지연 발생

이 문제를 해결하기 위해서는 설정한 계획 목표를 수정해야 한다. 첫 번째 수정안[그림 26]은 답재블록G의 납기일을 19일로 변경하는 것이다. 이 경우 전체 공기가 19일로 변경되게 된다. 두 번째 수정안[그림 27]은 5일의 인력 생산자원 가동률을 추가근무를 통해 150%로 조정하는 방식이다. 이 경우 5일 시점에 [부재B 가공]의 작업을 시작할 수 있는 인력 생산자원이 확보되어 제시한 생산자원 제약을 만족하는 생산계획을 수립 할 수 있다.

위의 예제에서 제시한 바와 같이, 생산계획 기본정보를 수집하고, 수집한 기본정보를 바탕으로 생산계획 시물레이션을 수행할 준비를 한다. 설정한

계획 목표를 바탕으로 생산계획을 수립하고 수립한 생산계획이 충분한 계획 목표를 달성하지 못하면, 계획 목표를 재조정을 반복하여 계획 목표를 만족하는 생산계획의 일정을 결정한다.

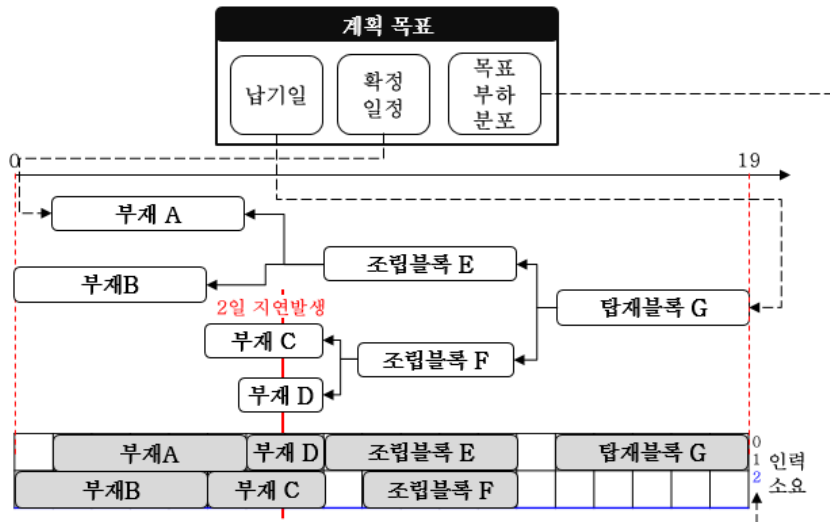


그림 26 수정안 1 - 납기일 변경

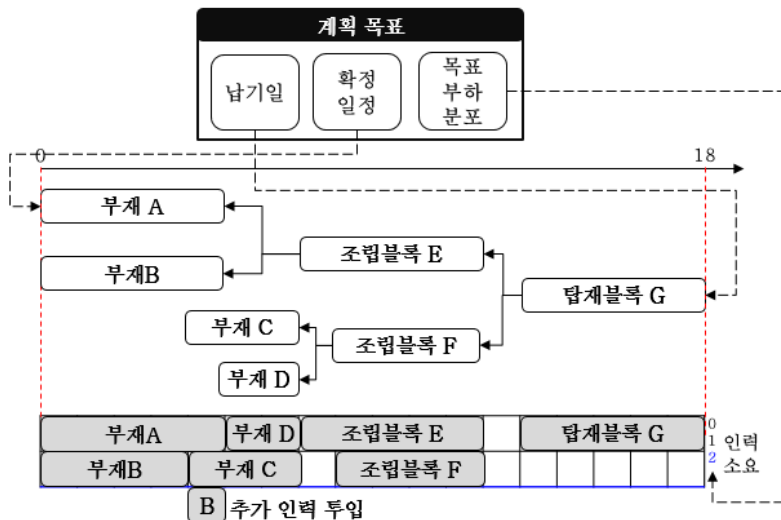


그림 27 수정안 2 - 인력 생산요소 추가투입

제 5 장

역방향 시뮬레이션을 활용한 조선소 중기 생산계획 수립 시스템 개발

5.1 역방향 시뮬레이션을 활용한 생산계획 수립 시스템 개발

역방향 시뮬레이션을 활용한 생산계획 수립 시스템은 [그림 28]과 같이 기존 조선소에서 생산계획을 수립하기 위해 사용하는 생산계획 시스템 (APS)에 탑재되어 구동되는 것을 전제로 설계 및 개발하였다.

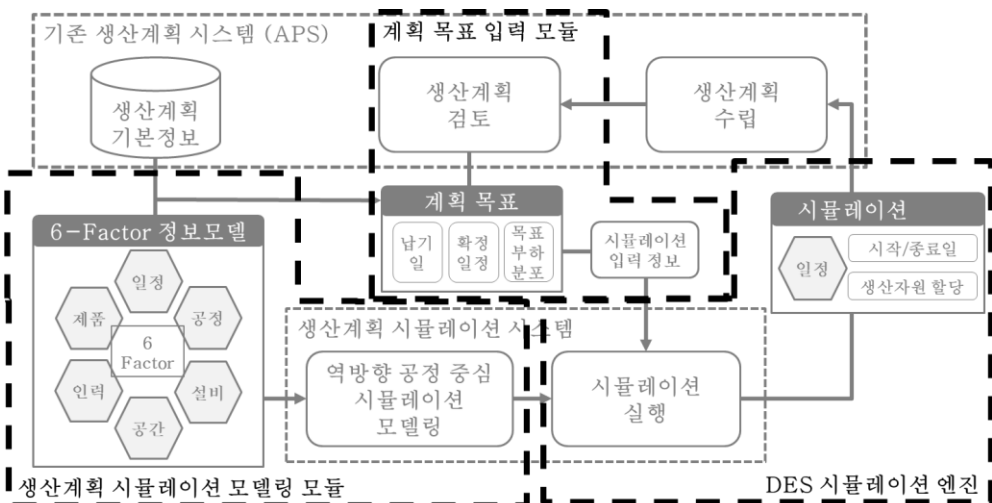


그림 28 역방향 시뮬레이션을 활용한 생산계획 수립 시스템의 모듈 구성

5.1.1 생산계획 시뮬레이션 모델링 모듈

생산계획 시뮬레이션 모델링 모듈은 조선소 생산계획 시스템(APS)의 데이터베이스에서 조선소 중기 생산계획 수립에 필요한 생산계획 기본정보를 수집하여, 자동으로 역방향 공정 중심 생산계획 시뮬레이션 모델을 생성하는 모듈이다. 생산 액티비티 네트워크, 조선소 생산자원 정보 등의 중기 생산계획 기본정보를 수집하기 위해서는 [그림 29]와 같이 사전에 APS 데이터베이스 테이블/칼럼과의 맵핑 설정이 필요하다.

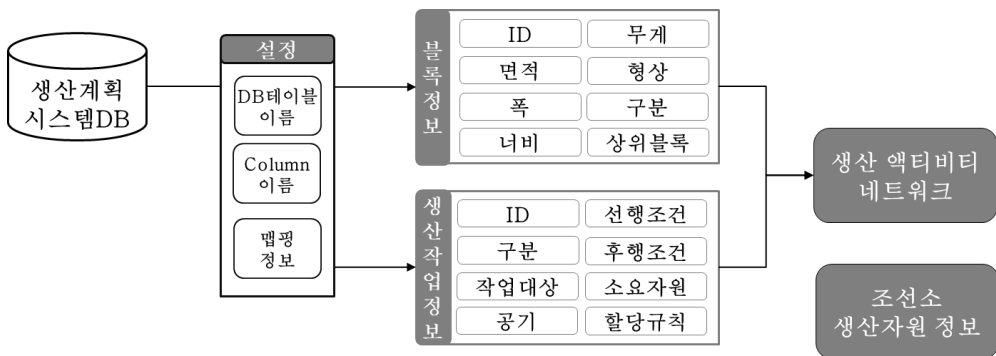


그림 29 생산계획 시스템의 DB에서 생산 액티비티 네트워크 정보 추출

5.1.2 계획 목표 입력 모듈

계획 목표 입력 모듈은 조선소 중기 생산계획의 계획 목표를 기반으로 역방향 공정 중심 생산계획 시뮬레이션의 입력 정보를 생성하는 모듈이다. 계획 목표 중 납기일과 확정일정은 상위 단계의 계획수립 결과를 통해 자동으로 설정되며, 사용자는 기간 별 목표 가동률을 설정하여 목표 부하를 설정할 수 있다. 이를 통해 사용자는 기본적으로는 목표 가동률을 조정하면서 조선소 중기 생산계획을 수립하게 된다. 만약 납기일과 확정일정에 대한 변경이 필요한 경우 변경사항을 생산계획 시스템 내부적으로 적용하면, 변경한 내용을 자동으로 반영하여 입력 정보를 생성한다.

[그림 30]은 목표 가동률을 변경하여 생산계획 시뮬레이션을 수행하여 중기 생산계획을 수립한 결과이다. 왼쪽은 가동률 ∞ 를 적용한 결과이다. 이 때의 최대 생산자원 부하는 6700이며, 총 공기는 196일이다. 한편 오른쪽은 가동률을 100% 적용한 결과이다. 이 때 계획 생산자원 부하는 가용 생산자원의 100%를 초과하지 못하고, 부족한 가용 생산자원 때문에 일정이 지연되어 총 공기가 273일이 되는 것을 확인할 수 있다.

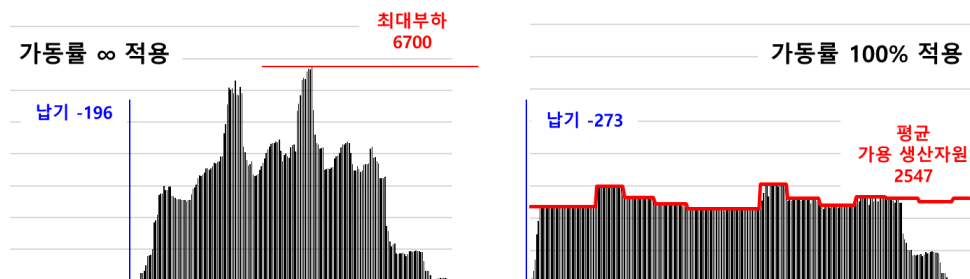


그림 30 목표 가동률을 적용한 생산계획 일정-부하 변화

5.1.3 DES 시물레이션 엔진

DES 시물레이션 엔진은 생산계획 시물레이션 모델링 모듈에 의해 생성된 역방향 공정 중심 생산계획 시물레이션 모델에 대한 이산 시간 시물레이션과 이산 사건 시물레이션을 수행한다. 이산 시간 시물레이션은 시간의 흐름에 따른 시스템의 변화를 산출하기 위한 시물레이션으로, 각 시물레이션 시간마다 실행/종료 되는 단위 생산 액티비티의 목록을 생성한다. 이산 사건 시물레이션은 시스템의 상태를 변화시키는 이벤트의 발생에 따른 시스템의 변화를 산출하기 위한 시물레이션으로, 단위 생산 액티비티의 시작/종료 시 생산자원 할당/해제, 후행 단위 생산 액티비티 생성 등의 연산을 수행한다. 이 시물레이션의 결과로 각 단위 생산 액티비티별 일정 정보가 산출되며, 산출된 정보는 [그림 31]에서와 같이 기존 조선소 생산계획 시스템(APS)에서 조회하고 검토 및 수정을 할 수 있도록 변환되어 출력된다.

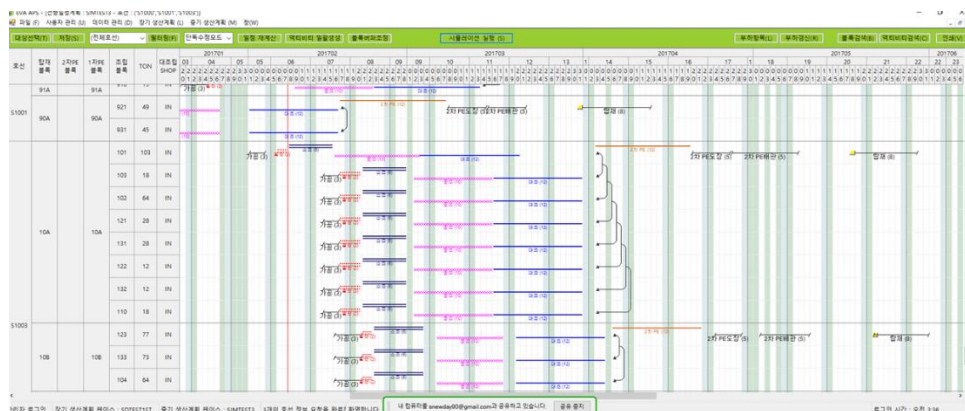


그림 31 조선소 생산계획 시스템(APS) 화면

5.2 예제 데이터를 통한 검증 수행

본 연구에서 개발한 역방향 시뮬레이션을 활용한 조선소 중기 생산계획 수립 시스템의 효과를 검증하기 위하여, 실적 중기 생산계획 데이터를 사용하여 중기 생산계획을 수립하였다. 이 실적 데이터는 2개 호선, 640개 블록 5500개 중기 생산 액티비티의 정보를 포함하는 중기 생산계획 기본정보이다. 해당 실적 데이터를 사용하여 조선소 중기 생산계획을 수립한 결과는 [그림 32]와 같다. 시뮬레이션 입력 정보를 통해 지정한 가용 인력 생산 자원 제약을 넘지 않도록 생산계획이 수립되었으며, 특정 구간의 가동률만 낮췄을 경우에도, 설정한 가동률에 맞도록 생산계획이 수립되었다.

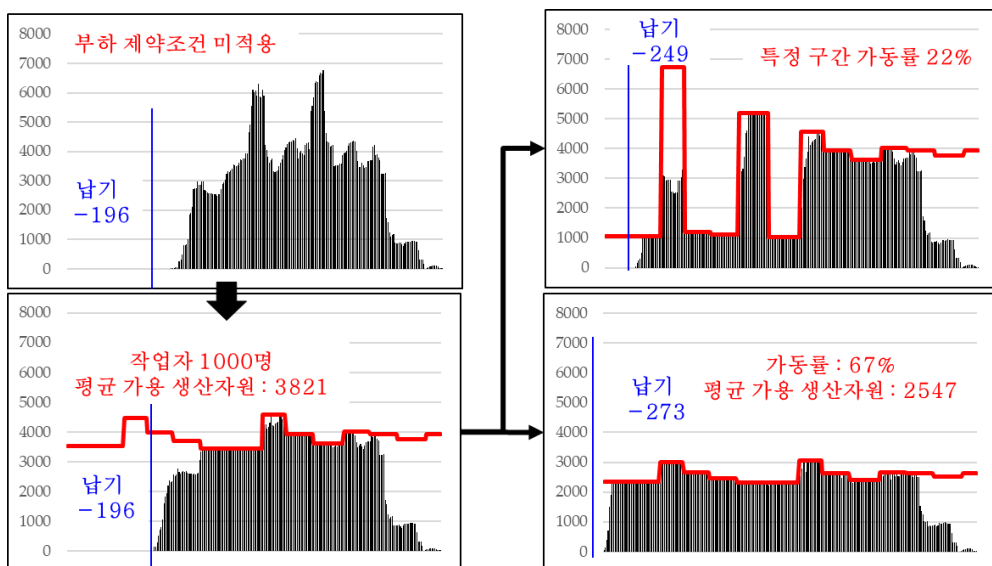


그림 32 인력 생산자원 제약 적용과 가동률 변화에 생산계획 결과

제 6 장

결 론

본 연구에서는 역방향 시뮬레이션을 활용하여 조선소 중기 생산계획을 수립하는 프로세스를 설계하고, 설계한 내용을 바탕으로 역방향 시뮬레이션을 활용한 조선소 중기 생산계획 수립 시스템을 개발하였다.

먼저, 역방향 시뮬레이션을 활용한 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스를 설계하기 위해 다음과 같은 연구를 수행하였다. 기존의 조선소 생산계획 수립 프로세스를 분석하여 조선소 중기 생산계획의 계획 대상과 계획 문제를 정의하고 생산계획 수립 프로세스의 개선 방안을 도출하였다. 도출된 개선 방안에 따라 생산계획 시뮬레이션을 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스에 활용하기 위해, 역방향 공정 중심 생산계획 시뮬레이션에 대한 정의를 수행하였다. 정의한 내용을 바탕으로 역방향 공정 중심 생산계획 시뮬레이션의 모델링 방법론을 개발하였고, 계획 목표를 시뮬레이션에 반영하는 방법을 고안하였다. 마지막으로 역방향 공정 중심 생산계획 시뮬레이션의 결과를 조선소 중기 생산계획에 반영하여 계획을 수립하는 방법을 개발하였다.

설계한 생산계획 수립 프로세스를 바탕으로 기존 조선소 생산계획 시스템과 연동되는 역방향 생산계획 시뮬레이션 시스템을 개발하였다. 이 역방

향 생산계획 시뮬레이션 시스템을 개발하기 위해 생산계획 기본정보를 기반으로 역방향 공정 중심 생산계획 시뮬레이션 모델링을 수행하는 생산계획 시뮬레이션 모델링 모듈, 계획 목표를 시뮬레이션 입력 정보로 변환하여 시뮬레이션에 반영할 수 있게 해주는 계획 목표 입력 모듈, 역방향 공정 중심 생산계획 시뮬레이션을 실행하여 시뮬레이션 결과를 산출하고, 이 결과를 생산계획에 반영하는 DES 시뮬레이션 엔진 모듈을 설계하고 구현하였다.

본 연구에서 제시한 역방향 시뮬레이션을 활용한 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스의 기대 효과로는 기존의 시행착오 방식의 조선소 중기 생산계획 수립 프로세스를 개선하여, 계획 목표의 입력만으로 사전에 결정한 계획 목표를 만족하는 생산계획 결과를 얻을 수 있게 되었다는 것이다. 이를 통해 조선소 중기 생산계획에 소요되는 시간을 단축할 수 있으며, 기존의 방식에 비해 더 많은 제약조건을 동시에 고려할 수 있어 조선소 중기 생산계획의 정확도가 개선될 것으로 기대된다.

향후엔 최적화 방법론을 적용하여 최고의 생산성을 달성 할 수 있는 계획 목표와 조선소 중기 생산계획 일정을 탐색하는 시스템을 설계하고 개발하고자 한다.

참고문헌

- [1] 차주환, 노명일, 방경운, 이규열 (2008). 조선 공정 계획의 수립 완성도 향상을 위한 이산 사건 및 이산 시간 혼합형 시물레이션 프레임워크. 한국 시물레이션학회 논문지, 17(4), 71-80
- [2] 이상협, 하승진, 민상규, 최태훈, 김형식 (2002). [A6 시물레이션] 조선 평블록 조립공장 일정계획 시물레이션 시스템. 한국경영과학회 2002 년 춘계학술대회논문집, 159-163.
- [3] 방경운 (2006). 조선공정계획용 이산 사건과 이산시간 혼합형 시물레이션 프레임워크. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- [4] 김희연, 남중호, 이필립 (2011). 조선소 일정계획 시물레이션을 위한 생산관리시스템 분석. 대한조선학회 정기총회 및 추계학술대회, 323-326
- [5] 이필립, 이동건, 백명기, 최양열 (2011). 조선 생산 중일정 검증을 위한 사용자 중심의 조립장 시물레이션 모델링 연구. 한국 CAD/CAM 학회 2011 학술발표회 논문집, 239-244
- [6] 손명조, 김태완 (2013). 중일정계획을 고려한 선체 생산설계 작업할당 시물레이션. 대학조선학회 논문집, 50(5), 334-342
- [7] 우중훈, 남중호, 오대균, 신중계, 정현, 이필립 (2015). 중소형조선소 시물레이션 기반 생산관리 시스템 개발. 대학조선학회지, 52(1), 22-30
- [8] 남승훈 (2017). 조선소 생산 정보 모델과 Supply Chain Planning Maxtrix 기반의 조선 생산계획 프로세스 설계 및 시스템 개발. 서울대학교 대학원 박사학위논문.

-
- [9] Naiping Keng and David Y. Y. Yun (1989). A Planning/Scheduling Methodology for the Constrained Resource Problem. *Proceedings of IJCAI-89*.
- [10] K. S. Metaxiotis, Mimitris Askounis and John Psarras (2002). Expert systems in production planning and scheduling A state of the art Survey. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 13, 253-260.
- [11] Donald E. Shobrys and Douglas C. White (2000). Planning, scheduling and control systems: why can they not work together. *Computers and Chemical Engineering*, 24, 163-173.
- [12] Franziska Klügl (2008). Validation methodology for agent-based simulations. *SAC '08 Proceedings of the 2008 ACM symposium on Applied computing*, 39-43
- [13] Li X., Mao W., Zeng D., Wang FY. (2008). Agent-Based Social Simulation and Modeling in Social Computing. *Intelligence and Security Informatics. ISI 2008. Lecture Notes in Computer Science*, 5075.
- [14] Susan M. Sanchez and Thomas W. Lucas (2002). Exploring the world of agent-based simulations: simple models, complex analyses. *WSC '02 Proceedings of the 34th conference on Winter simulation: exploring new frontiers*. 116-126
- [15] Ludo F. Gelders & Frank V. Van Steelandt (1980). Design and Implementation of a Production Planning System in a Rolling Mill: A Case Study, *A I I E Transactions*, 12(1), 54-58
- [16] E. F. WATSON, D. J. MEDEIROS, R. P. SADOWSKI. (1995). Order-release planning using variable lead times based on a backward simulation model. *International Journal of Production Research*, 33(10), 2867-2888
- [17] N. Lynch, F. Vaandrager (1995). Forward and Backward Simulations. *Information and Computation*, 121(2), 214-233
- [18] M Kenneth, DS O'Reilly Jean (2002). *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference*
- [19] B. C. Park, E. S. Park, B. K. Choi, B. H. Kim and J. H. Lee (2008). Simulation based planning and scheduling system for TFT-LCD Fab. *Winter Simulation Conference*, 2271-2276

- [20] Dao-fei ZHU, Zhong ZHENG, Xiao-qiang GAO (2010). Intelligent Optimization-Based Production Planning and Simulation Analysis for Steelmaking and Continuous Casting Process. *Journal of Iron and Steel Research, International*, 17(9), 19-30
- [21] Jeong C. Seo, Yong H. Chung, Byung H. Kim & Sang C. Park (2016). Backward capacity-filtering for electronics Fabs. *Production Planning & Control*, 27(11), 925-93

ABSTRACT

Process design and system development for mid-term shipbuilding production planning based on backward-simulation method

Saenal Sung

Department of Naval Architecture and Ocean Engineering

The Graduate School

Seoul National University

The mid-term production plan of the shipyard is to the schedule of the production process of blocks and zones which are divided for ship production. A well-established mid-term production plan can ultimately contribute to the productivity improvement of a shipyard by ensuring the ship's contracted milestones and efficient resource utilization in the shipyard.

Currently, as for the mid-term production planning process of the shipyard, the plan is established by reviewing and revising the performance data based initial plan through trial and error. However, above-mentioned conventional method is not possible to suggest appropriate revision alternatives during the review process of production planning. Therefore, the proposal of revision alternatives is almost based on empirical judgment of the plan maker, which leads to several problems such as long lead-time of planning and various production resource constraints could not be considered simultaneously due to manually planning. These problems cause the inaccuracy of production plan, which can be solved by improving the traditional production planning process to increase the productivity of the shipyard.

In this research, a production planning methodology using backward-simulation is proposed and applied to improve the mid-term production planning process. In order to apply the proposed methodology appropriately, firstly, mid-term production plan of the shipyard is analyzed to define the objects of production planning and simulation. Secondly, a modeling methodology for backward production planning simulation is proposed using existing production plan information. Thirdly, in order to establish the production plan through constructed simulation model, a specific method to execute simulation and derive the necessary information from simulation result for production planning is defined. Besides, simulation input data is defined to reflect various planning goals into simulation results to be derived. At last, a production planning simulation system which works in conjunction with the existing production planning system in shipyard is designed and implemented. And the effect of proposed production planning methodology using backward simulation is verified through comparison with the performance data of mid-term production plan in shipyard.

Keywords:

APS(Advanced Planning and scheduling System),
Backward-Simulation,
Mid-term Shipyard Production Planning,
Scheduling,
Production Resource

Student Number: 2016-23507

감사의 글

학위 논문 작성을 마무리 하고 지난 2년 9개월 간의 연구실 생활을 되돌아 보니 시간이 참 빨리 지나간 것 같습니다. 처음 연구실 문을 두드렸던 15년 겨울에는 낯설고 가시방석 같이 불편했던 연구실 자리도 이제는 제 집보다 편한 장소가 되었습니다. 제가 연구실 생활에 적응하고 연구와 과제를 수행하며 석사과정을 졸업할 때까지 계속해서 도움을 주신 많은 분들께 이 자리를 빌어 감사의 인사를 드리고 싶습니다.

먼저, 묵묵히 저를 물심 양면으로 지원해 주시고 격려해주신 아버지, 어머니께 감사드립니다. 제가 중간에 공부에 의욕을 잃고 방황하느라 남들보다 더 긴 기간 동안 학교를 다녀, 폐를 많이 끼쳤는데 계속 저를 믿어 주시고 사랑해 주셔서 감사합니다.

그리고 학부 졸업을 앞두고 진로를 정하지 못해 방황하다 교수님 방문을 두드렸던 저를 흔쾌히 받아주신 신종계 교수님께 깊은 감사의 말씀을 드립니다. 학부 시절을 허송세월 보내 조선 생산 공학에 대하여 무지렁이와 같았던 제가 무사히 석사과정을 마치고 석사 졸업을 한 데에는 교수님의 지도와 관심이 덕분이라고 생각합니다.

연구실 생활 동안 같이 기뻐던 일, 슬펐던 일 모두 함께 겪었던 생산시스템 연구실 멤버들에게도 감사 인사를 드립니다. 처음엔 연구실의 격의 없고 털털한 분위기에 당황도 많이 했었는데, 그런 분위기였기 때문에 지난

연구실 생활이 정말 즐거웠던 것 같습니다. 지난 추억들을 되새겨 보면, 이 생산시스템 연구실을 통해 많은 분들과 함께 했었습니다. 먼저, 연구실의 큰 형님이신 영민이형, 잘 대해주시고 여러 지도를 해주셔서 감사합니다. 졸업하고 지금은 삼전맨이 되신 승훈이형, 처음 인턴으로 들어와서 아무것도 몰랐던 저에게 많은 것을 알려주셔서 감사했습니다. 학부 때부터 동기였던 승혁이형, 형 덕분에 연구실 생활을 정말 즐겁게 보냈던 것 같습니다. 쓰고 있는 논문 잘 마무리 되어서 무사히 졸업 하시길 바랍니다. 지금은 다른 분야에서 노력하고 계신 성혁이형, 지금 하시는 일 잘 되셨으면 좋겠습니다. 매일 아침 일찍 나와서 늦게 들어가며 열심히 노력하시는 태호형, 내년에는 유체 통과 하셔서 무사히 졸업 하시길 바랍니다. 우리 연구실 에이스 용국이, 좋은 자리에 들어가서 그 동안의 고생과 노력에 대해 보답 받길. 지금 연구 용역 일로 고생하고 있는 휘강이, 올해는 얼굴도 제대로 못본 것 같은데 하는 일 잘 마무리 하고 아픈 것도 다 나아 건강해 졌으면 합니다. 결국엔 APS 스터디는 마무리 짓지 못했던 것이 아쉽습니다. 연구나 과제 건으로 가장 많이 함께했던 수현이, 다음 달 훈련소 몸 무사히 다녀오고, 박사 졸업도 무사히 마치길 바랍니다. 연구실 막내 병섭이, 연구실 남은 기간 잘 마무리 하셨으면 합니다. 마지막으로 연구와 과제, 생활 등의 여러 방면에서 도움을 주신 장범선 교수님, 노명일 교수님, 우종훈 교수님과 이필립 소장님께도 감사 인사를 드립니다.

마지막으로 지금까지 저에게 큰 도움과 관심을 주셨던 많은 분들께 다시 한번 감사의 말씀을 올리며, 모든 분들의 앞날에 즐겁고 행복한 일들만 있기를 바랍니다. 감사합니다.